

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

Katedra textilní chemie
Studijní program: Textil
Obor: 3106T 002 Chemická technologie textilní

Využití ultrazvuku v textilním zušlechťování

Usage of ultrasound in textile treatment

Petra Kazdová, Bc.

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.

Konzultant: Ing. Jana Šašková

Počet stran: 84

Počet tabulek: 42

Počet obrázků: 21

Počet grafů: 18

V Liberci dne 08.01.2007

Zadání diplomové práce

Anotace:

Tato diplomová práce je vypracována na téma využití ultrazvuku v textilním zušlechťování. Cílem diplomové práce je provést testování ultrazvuku v různých fázích zpracování textilních materiálů v zušlechťovacích procesech se zaměřením zejména na operace využívající působení enzymů.

V první části (teoretické) je vypracován přehled využití ultrazvuku a ultrazvuk v průmyslu dle dostupné odborné literatury.

Druhá část (experimentální) je zaměřena na testování vlivu účinku ultrazvukového vlnění při předúpravě, při barvení a při finálních úpravách.

Annotation:

The theme of this diploma work is usage of ultrasound in textile treatment. The objective is to test ultrasound in different phases of treatment processes mainly focusing on operation making use of enzymes.

There is overview of using ultrasound generally and ultrasound in industry in the first part (theoretical) using available literature.

The second part (experimental) is focused on testing the influence of ultrasound waves when pretreatment, dying and finalization.

Klíčová slova

ultrazvuk, textil, kavitace, předúprava, barvení, finální úprava, enzym

Key words

ultrasound, textile, cavitation, pretreatment, dying, finalization, enzyme

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracoval/a jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil/a autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl/a jsem seznámen/a s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 08.01.2007

.....

Podpis

Poděkování:

Na úvod své diplomové práce bych chtěla poděkovat Doc. Ing. Jakubu Wienerovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky k mé práci. Dále děkuji firmě Inotex, Dvůr Králové nad Labem a konzultantce Ing. Janě Šaškové za pomoc a rady poskytnuté při provádění experimentálních prací.

Děkuji také všem ostatním, kteří mi poskytli jakoukoliv pomoc při vypracování diplomové práce.

Seznam zkratk

tj.	to je
např.	například
atd.	atak dále
tab.	tabulka
obr.	obrázek
PES	polyester
PAD	polyamid
ba	bavlna
c	koncentrace
C_L	rychlost šíření podélných vln
C_T	rychlost šíření příčných vln
p_{VA}	tlak nasycených par
ČSN	česká státní norma

OBSAH

1 Úvod.....	9
1.1 Historie ultrazvuku.....	10
TEORETICKÁ ČÁST	
2 Fyzikální základy ultrazvuku	12
2.1 Vznik ultrazvukových vln	14
2.2 Způsoby šíření ultrazvukových vln	15
2.3 Druhy ultrazvukových vln	16
2.3.1 Podélné vlny (longitudiální)	16
2.3.2 Příčné vlny (transverzální).....	16
2.3.3 Povrchové vlny (Rayleighovy)	17
2.3.4 Deskové vlny (Lambovy)	17
2.4 Rychlost šíření vln v prostředích	18
2.4.1 Rychlost šíření ultrazvuku v tuhých látkách.....	19
2.4.2 Rychlost šíření ultrazvuku v kapalinách	20
2.4.3 Rychlost šíření ultrazvuku v plynu	21
2.5 Útlum ultrazvukových vln	22
3 Využití ultrazvuku v průmyslu	23
3.1 Ultrazvuk v chemicko-technologických procesech	24
3.2 Ultrazvuk v zušlechťování.....	28
3.2.1 Vlastnosti textilních vláken na vliv ultrazvuku.....	28
3.2.2 Vliv ultrazvuku v předúpravě	30
3.2.3 Ultrazvuk v barvení.....	32
3.2.4 Intenzifikace praní, finální úpravy	34
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	
4 Vliv ultrazvuku na předúpravu	38
4.1 Charakteristika použitého materiálu	38
4.2 Charakteristika použitých přípravků	39
4.3 Metody hodnocení výsledků	40
4.4 Aplikace přípravků na textilie	43
4.4.1 Vliv ultrazvuku na stupeň odšlichtování bavlny	43
4.4.1.1 Testování vlivu amplitudy ultrazvuku na odšlichtování bavlny.....	43
4.4.1.2 Testování vlivu enzymu na odšlichtování bavlny	44
4.4.2 Vliv doby působení ultrazvuku na stupeň odšlichtování	46
4.4.3 Optimalizace podmínek odšlichtování klasickou amylázou v kombinaci s ultrazvukem	48

4.4.4	Odšlichtování bavlněného materiálu termostabilní amylázou v kombinaci s ultrazvukem	51
4.4.5	Vliv ultrazvuku na enzymatickou předúpravu bavlny alkalickou pektinázou	54
4.4.6	Vliv ultrazvuku na výsledky peroxidového bělení	55
4.4.7	Intenzifikace enzymové hydrofilizace polyesteru ultrazvukem	57
4.4.8	Další zkoušky enzymatické modifikace polyesteru v kombinaci s působením ultrazvuku	58
4.5	Vliv ultrazvuku na předúpravu – Diskuse výsledků	61
5	Vliv ultrazvuku na barvení textilií	63
5.1	Charakteristika použitých barviv	63
5.2	Charakteristika použitého materiálu	63
5.3	Charakteristika použitých přípravků	64
5.4	Metody hodnocení výsledků – Měření barevnosti	64
5.5	Aplikace přípravků na textilie	66
5.5.1	Přímé barvivo na bavlnu	66
5.5.2	Disperzní barvivo na PAD	68
5.5.3	Reaktivní barvivo na bavlnu	69
5.6	Vliv ultrazvuku na barvení – Diskuse výsledků	71
6	Vliv ultrazvuku na finální úpravu	72
6.1	Charakteristika použitého materiálu	72
6.2	Charakteristika použitých přípravků	72
6.3	Metody hodnocení výsledků	73
6.4	Aplikace přípravků na textilie	77
6.5	Vliv ultrazvuku na finální úpravu – Diskuse výsledků	80
7	Závěr	81

1 Úvod

Rozvoj vědy a techniky dosáhl ve 20. století takových úspěchů, které z hlediska přírodních zákonů nemají v historii obdobu. V tomto procesu přispěla k rozvoji svou měrou a významem i ultrazvuková technika. Její úspěchy jsou tím výraznější, když si uvědomíme, že před 60 lety se o ultrazvuku hovořilo ještě jako o laboratorní kuriozitě, a dnes se stal důležitým pomocníkem při zvyšování produktivity práce téměř ve všech oblastech výrobní činnosti.

Výkonová ultrazvuková zařízení se v poslední době mnohem častěji objevují v chemických laboratořích jako alternativní zdroj energie pro iniciaci chemických reakcí pomocí kavitace. Využívají mechanické vlnění s kmitočty vyššími než 20 kHz, které při průchodu kapalinou způsobuje lokální “zředňování” a “zhušťování”. V místech s poklesem tlaku dochází k tvorbě bublinek, které rostou a kolabují za uvolnění energie a krátkodobého nárůstu teploty a tlaku. Tyto kolapsy dodávají energii různým chemickým reakcím, které mohou být využívány při mechanickém zpracování (čištění, svařování, mletí), nebo při chemicko-technologických procesech (emulgaci, homogenizaci, urychlování rozpouštění, atd).

Všeobecně je možno předpokládat, že využití ultrazvuku se bude nadále rozvíjet v širokém měřítku, protože jeho využití vede k energeticky a materiálově úsporným procesům, které se v budoucnosti budou využívat stále častěji. Ultrazvukově řízené procesy také umožňují dosahovat efektů nedosažitelných jiným způsobem a proto jsou v příslušných technologiích nenahraditelné.

Cílem této diplomové práce bylo provést testování ultrazvuku v různých fázích zpracování textilních materiálů v zušlechťovacích procesech se zaměřením zejména na operace využívající působení enzymů. Experimenty byly zaměřeny na působení ultrazvuku při předúpravě, kde se zjišťoval vliv různých reakčních parametrů, jako byla doba a teplota při působení ultrazvuku, velikost amplitudy, vliv enzymů atd. Pozornost byla věnována i vlivu ultrazvuku při barvení a při finálních úpravách. Získané materiály byly charakterizovány dostupnými metodami.

1.1 Historie ultrazvuku

Zdrojem ultrazvuku byly až do konce první světové války různé píšťaly (např. Galtonova, 1880) [1], sirény a vodní trysky.

Jedním z milníků na cestě k ultrazvuku v jeho dnešních aplikačních podobách bylo zkonstruování piezoelektrických měničů. První piezoelektrický měnič - zdroj ultrazvuku - je připisován známému francouzskému fyzikovi P Langevinovi, který jej zhotovil v roce 1916 a o rok později o něm podal zprávu. Piezoelektrický jev ovšem objevili bratři Curieové již v roce 1880 [1].

Další objevy a vynálezy v této oblasti akustiky pak již na sebe nedaly dlouho čekat. Již v roce 1918 si dali P. Langevin a N.C. Chilowsky patentovat první použitelný systém pro podmořskou ultrazvukovou echolokaci, tj. vyhledávání neviditelných překážek pomocí odraženého ultrazvukového vlnění. Takto se zrodil předchůdce nejen dnešních sonarů či echolotů (hloubkoměrů), ale v jistém smyslu i moderních technických a lékařských diagnostických systémů.

Významným zdokonalením piezoelektrických zdrojů ultrazvuku byla později konstrukce měniče s fokusací (J. Gruetzmacher v roce 1935), čímž se otevřela cesta k získávání ultrazvuku o extrémně vysokých intenzitách v malých objemech kapaliny. Neméně důležitý význam pro technické a v konečném důsledku i lékařské vědy však měly práce Američana F.A. Firestonea z počátku čtyřicátých let, které přivedly na svět ultrazvukový odrazový defektoskop (patenty v USA 1942, 1943), který je pokrevním pradědečkem dnešních důmyslných lékařských a průmyslových ultrazvukových zobrazovacích systémů. Defektoskop (tehdy označovaný jako reflektoskop) již byl vybaven osciloskopem, na jehož obrazovce bylo možno zviditelnit odrazy ultrazvuku od akustických rozhraní, tj. vad materiálu, jako jsou různé praskliny a dutiny ve zkoumaném tělese [1].

Kavitace a aktivní ultrazvuk

V roce 1894 si při zkouškách jednoho z prvních britských torpédoborců (H.M.S. Darting) povšimli pánové J. Thornycroft a S. Barnaby značných vibrací lodního šroubu a vyslovili domněnku, že jsou způsobeny bublinami tvořícími se v okolí vířícího šroubu. V roce 1917 se lordu Rayleighovi podařilo prokázat, že bubliny vznikající prudkými změnami tlaku ve vířící vodě mohou ve fázi svého zániku - kolapsu - být původci popisovaných nežádoucích destruktivních jevů. Rayleigh se takto stal otcem teorie kmitavého pohybu kavitačních bublin, které byly přibližně o deset let později objeveny i kapalinách, kterými prochází intenzivní ultrazvuk.

Ultrazvukové kavitační bubliny se pak ocitly pod novým náporem teoretických fyziků až v 50. letech, avšak tvrdým oříškem zůstaly prakticky až do současnosti. Matematicko - fyzikální popis kavitace je dosud nedokonalý (semikvantitativní), na čemž se v nejbližší době asi mnoho nezmění. Naopak, tyto modely byly nedávno částečně zpochybněny novými experimenty s izolovanými kavitačními bublinami. V posledních letech je věnována zvýšená pozornost kavitačním jevům na rozhraní mezi kapalnou a pevnou fází, protože způsobují erozi pevných povrchů [1].

S piezoelektrickými a magnetostrikčními zdroji byly v průběhu dvacátých a třicátých let objeveny pozoruhodné účinky intenzivního ultrazvuku na exponované prostředí. V letech 1926 - 27 W.R. Wood a A.L. Loomis popsali některé chemické a biologické účinky ultrazvuku. Takto se stali otci chemie a biofyziky ultrazvuku. V roce 1934 H. Frenzel a H. Schultes prokázali, že ve vodě pod vlivem intenzivního ultrazvuku vzniká slabé světelné záření, a spojili tento jev, pro který se o něco později ujal název sonoluminiscence, s ultrazvukovou kavitací.

V období mezi světovými válkami byly fyzikální, chemické a biologické projevy ultrazvuku zkoumány z pohnutek ryzí vědecké zvědavosti. V průběhu padesátých a šedesátých let bylo sebráno velké množství experimentálních údajů o nejružnějších biologických a chemických účincích ultrazvuku [1].

TEORETICKÁ ČÁST

2 Fyzikální základy ultrazvuku

V prostoru, který nás obklopuje, se vyskytují dva druhy vlnění. Jsou to elektromagnetické vlny, které se šíří i ve vakuu, a elastické vlny, které se šíří jen v hmotném pružném prostředí. Oba druhy vlnění mají společné to, že se vyskytují v širokém rozmezí frekvencí od nejnižších (které představují jen několik kmitů za sekundu) až po miliardy kmitů za sekundu.

Člověk s dobrým sluchem je schopný přijímat a rozlišovat svými sluchovými orgány elastické kmitání přibližně od 16 až do 20 000 Hz. Tuto, lidským sluchem slyšitelnou, oblast kmitů označujeme jako slyšitelný zvuk.

V 80. letech 20. století se zjistilo, že nad i pod slyšitelným pásmem (16 až 20 000 Hz) existují a šíří se podobné kmity, lišící se jen tím, že jsou lidským uchem neslyšitelné, avšak řadí se podle stejných fyzikálních zákonů jako slyšitelné kmity [2].

Zvuk je z fyzikálního hlediska podélné mechanické vlnění, které zdravé lidské ucho vnímá ve frekvenčním rozsahu od 16 Hz do 20 000 Hz. **Mechanickým vlněním** rozumíme takové vlnění, jehož nositelem jsou samy částice (molekuly) prostředí, kterým se vlnění šíří. Na rozdíl od elektromagnetického vlnění (např. světla), jehož nositelem jsou fotony, se nemůže ultrazvukové vlnění šířit nehmotným prostředím (vakuum).

Jako podélné označujeme takové vlnění, jehož částice kmitají kolem své rovnovážné polohy v tomtéž směru, v jakém se i celé vlnění šíří [3].

Jedna z nejzákladnějších vlastností zvuku je jeho frekvence. Na základě frekvence se zvuk dělí do čtyř skupin: infrazvuk, slyšitelný zvuk, ultrazvuk a hyperzvuk.

- a) **Infrazvuk** (pod 16 Hz) – představuje oblast kmitů s velmi nízkými frekvencemi, takovými, jaké vznikají např. při zemětřesení; nazýváme je seizmickými vlnami [2];

- b) **slyšitelný zvuk** (16 až 20 000 Hz) – v klasické akustice se přenáší vzduchem a dosahuje akustických výkonů značně menších než 1 watt, v ojedinělých případech i více. Tato oblast akustiky se zaměřuje především na generování, přenos a příjem slyšitelných signálů šířících se ve vzduchu bez ohledu na jejich druh [2];
- c) **ultrazvuk** (UZ) ($20\,000$ až 10^9 Hz) – podélné mechanické vlnění o frekvencích vyšších, než je horní mez slyšitelnosti, tedy nad 20 kHz. Šíření ultrazvukového vlnění není spojeno s přenosem hmoty, její částice pouze kmitají na místě okolo své rovnovážné polohy [2],[3];
- d) **hyperzvuk** (nad 10^9 Hz) – tato oblast zahrnuje nejvyšší možné dosažitelné frekvence, které jsou srovnatelné např. s tepelnými kmity molekul fáze. Využíváme je při studiu struktury a stavby hmoty [2].

Účinky ultrazvukové energie při šíření ve sledovaném prostředí závisí jak na intenzitě, resp. amplitudě výchylky a frekvenci kmitů, tak na vlastnostech prostředí. Na základě konkrétních hodnot, kterými se vyjadřuje velikost intenzity ultrazvuku, dělíme ultrazvukovou energii na pasivní a aktivní nebo na ultrazvuk malých a velkých amplitud.

Pasivní ultrazvuk – zahrnuje všechny oblasti použití, kde ultrazvukové kmitání nebo vlnění dosahuje takové intenzity, která nevyvolává žádné fyzikální nebo chemické změny v prostředí [2]. Jde o šíření ultrazvuku např. v plynném, kapalném a tuhém prostředí. Na tomto principu pracuje celá měřicí a kontrolní ultrazvuková technika.

Aktivní ultrazvuk – s vyššími intenzitami přibližně nad $0,5 \cdot 10^4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, jinak nazývaný „makrozvuk“, ovlivňuje vlastnosti resp. strukturu prostředí, pokud ho podrobíme vlivu ultrazvuku. Proto se vyskytuje v těch oblastech vědy a techniky, kde se vyžaduje urychlení jednotlivých procesů, nebo zvýšení kvality provedených operací.

Ultrazvuková energie působící na dané prostředí prostřednictvím ultrazvukových kmitů, které se v něm šíří, může vyvolat značné fyzikální, chemické nebo jiné změny sledovaného prostředí [2].

2.1 Vznik ultrazvukových vln

V ultrazvukovém poli vykonávají částice hmoty periodické kmitavé pohyby, které jsou jim vnucované zdrojem energie, např. ultrazvukovým zářičem. Můžeme tedy říci, že ultrazvukové vlny tvoří nekonečný počet oscilujících hmotných částic spojených jako elastickou pružinou. Každá částice je ovlivněna kmitavým pohybem sousedních částic, které se navenek projevují jako vlnový pohyb všech částic.

Veličiny charakterizující ultrazvukovou vlnu:

- perioda (T) = čas jednoho kompletního cyklu měřený v sekundách

$$T = \frac{\lambda}{c} \quad (1)$$

- frekvence (f) = počet period (kmitů) za sekundu, měřeno v hertzech [Hz], není závislá na médiu, ve kterém se ultrazvuk šíří (Obr.č.1). Závislost mezi trváním kmitu a frekvencí je dána vztahem:

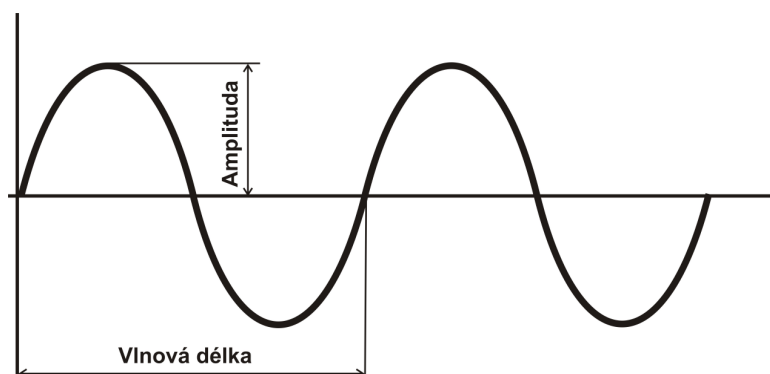
$$f = \frac{1}{T} \quad (2)$$

- vlnová délka (λ) = délka jedné periody měřená v metrech, neboli prostorová vzdálenost mezi dvěma body, které leží za sebou ve stejné fázi vlny (Obr.č.1)

$$\lambda = \frac{c}{f} = cT \quad (3)$$

- rychlost šíření (c) = rychlost, jakou se šíří ultrazvuk daným médiem. Rychlost šíření je závislá na typu média [2],[3].

$$c = \lambda \cdot f \quad (4)$$



Obr.č.1: Vlastnosti postupného vlnění

Dalšími veličinami charakterizujícími ultrazvukové vlnění jsou:

- akustický tlak (Pa) – okamžitý tlak v médiu způsobený průnikem akustické vlny;
- akustická intenzita ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$) – výkon ultrazvukové vlny přenesený přes plochu kolmou k ultrazvukovému svazku;
- akustický výkon (W) – množství akustické energie přenesené za časovou jednotku [2],[3].

Při průniku ultrazvuku z jednoho média do druhého, dojde ke změně rychlosti šíření, změně vlnové délky, avšak frekvence zůstává stále. Mezi frekvencí, fázovou rychlostí a vlnovou délkou platí jednoduchý vztah:

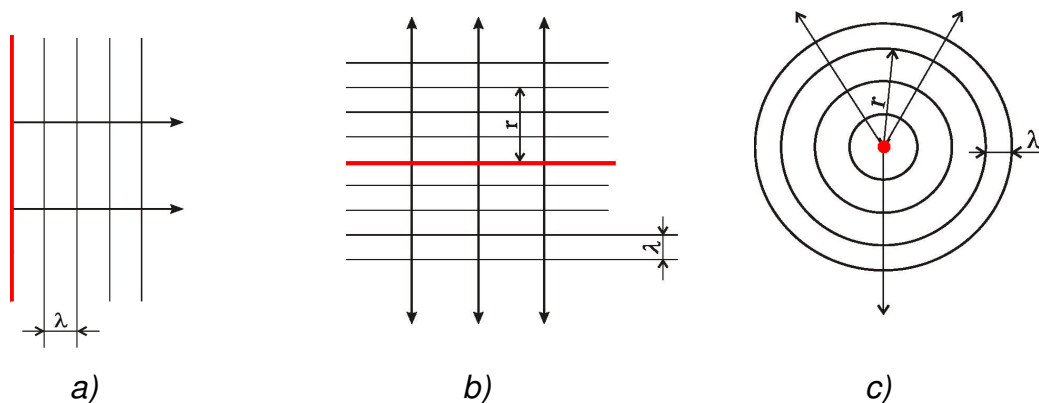
$$f = \frac{v}{\lambda} \quad (5)$$

Částice hmoty v ultrazvukovém poli podléhají periodické vibraci okolo jejich klidové pozice. Maximální vzdálenost od klidové pozice se nazývá **amplituda** (Obr.č.1). Amplituda a počet pohybujících se částic udává intenzitu (energii ultrazvuku). **Akustická energie** (J) je mechanická energie (schopnost konat práci), která je přenášena během průniku ultrazvukové vlny [3].

2.2 Způsoby šíření ultrazvukových vln

V neohraničeném prostředí se ultrazvuková vlna šíří od svého zdroje prostorově. Sousedící částice kmitající ve stejné fázi tvoří vlnoplochu. Podle jejího tvaru označujeme tvary vln, z nichž základní jsou: [4],[5]

- rovinná vlna
- válcová vlna
- kulová vlna



Obr.č.2: Tvary vlnoploch a) rovinná vlna b) válcová vlna c) kulová vlna

Tvoří-li vlnoplocha rovinu kolmou na směr šíření, jde o vlnu rovinnou (Obr.č.2a)). Jejím zdrojem je harmonicky kmitající nekonečná rovina. Kmitá-li nekonečně dlouhý válec se zanedbatelně malým průměrem, vytvoří se kolem něho válcové vlny (Obr.č.2.b)). Při zdrojích malých rozměrů (bodových) se setkáváme s vlnami kulovými (Obr.č.2c)), jejichž vlnoplochy mají tvar soustředných kulových ploch se středem v bodovém zdroji ultrazvuku. Při značně velkém poloměru přechází kulová vlna v rovinnou [4],[5].

2.3 Druhy ultrazvukových vln

Ultrazvukové vlny šířící se prostředím mohou být několika druhů, které se vzájemně liší způsobem pohybu částic prostředí vzhledem ke směru postupu vlny.

2.3.1 Podélné vlny (longitudiální)

Podélné ultrazvukové vlny jsou nejběžnější a nejznámější. U těchto vln částice prostředí kmitají přímočaře ve směru šíření vlny (Obr.č.3a)). Při tomto pohybu vzniká střídavé zhušťování (komprese) a zředování částic prostředí, při čemž dochází i ke střídavé změně jeho objemu. Tyto vlny lze pokládat za nejdůležitější, protože se mohou šířit každým prostředím, ať tuhým, kapalným nebo plynným. Jedinou podmínkou, aby se v prostředí mohla šířit čistě podélná vlna, jsou jeho dostatečně velké rozměry vzhledem k délce vlny λ [6],[7],[8].

2.3.2 Příčné vlny (transverzální)

Další v pořadí důležitosti jsou příčné vlny, které se opět mohou šířit v prostředí s rozměry mnohem většími, než je délka vlny a které odolává namáhání ve smyku, tj. v prostředí tuhém. Znakem těchto vln je kmitání částic kolmo na směr šíření vlny (Obr.č.3b)). V kapalinách a v plynech se tyto vlny nemohou vyskytnout, protože obě tato skupenství nekladou žádný odpor smykovému namáhání.

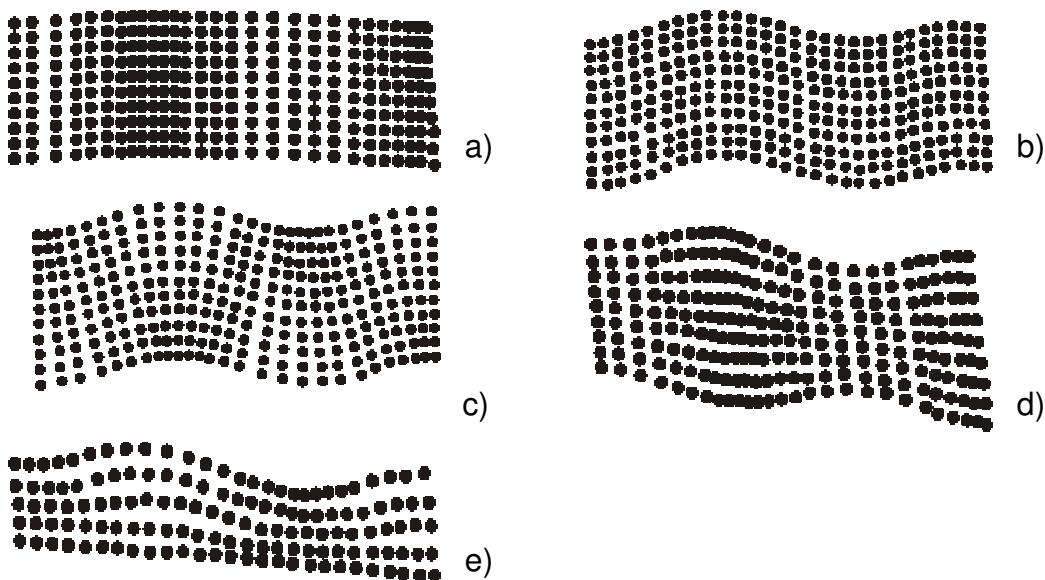
Rychlost šíření příčných vln je vždy menší než u vln podélných, a proto při téže frekvenci mají kratší délku vlny než podélné [6],[7],[8].

2.3.3 Povrchové vlny (Rayleighovy)

Na volném povrchu tuhého prostředí se mohou šířit povrchové (Rayleighovy) vlny (Obr.č.3e)) asi do hloubky přibližně se rovnající délce vlny, přičemž částice vykonávají eliptický pohyb. Jde o zvláštní případ příčných vln, protože kmitání částic kolem rovnovážné polohy se skládá ze dvou vektorů, z nichž vektor kolmý k povrchu, tj. na směr šíření, má mnohem větší velikost než vektor s tímto směrem rovnoběžný [7],[8],[9].

2.3.4 Deskové vlny (Lambovy)

Mohou se šířit dvěma rozdílnými způsoby jako vlny symetrické (dilatační) nebo asymetrické (ohybové) v závislosti na tloušťce materiálu, frekvenci a úhlu dopadu (Obr.č.3c,d)) [7],[9].



Obr.č.3: Druhy ultrazvukových vln

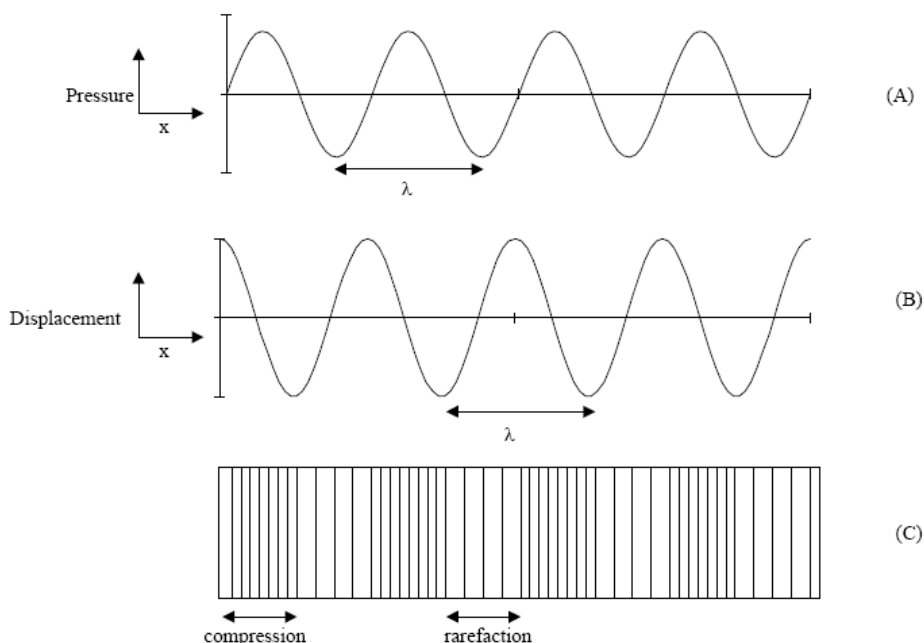
a) podélné b) příčné c) deskové (Lambovy ohybové)
d) deskové (Lambovy dilatační) e) povrchové (Rayleighovy) vlny

Zatímco v pevných látkách se mohou šířit všechny druhy vln, v kapalinách a plynech lze zaznamenat pouze vlny podélné. Je to dáno tím, že v kapalinách a plynech jsou částice od sebe více vzdáleny a nemohou přenášet dostatečná smyková zatížení, která jsou třeba ke vzniku příčných, povrchových či deskových vln [4],[7].

2.4 Rychlost šíření vln v prostředích

Šíření ultrazvukového vlnění vyvolává v plynném, kapalném nebo tuhém prostředí periodické stlačení a zředování, které je důsledkem střídavých tlakových změn způsobených postupujícím ultrazvukovým vlněním.

Zvukové vlny střední hustoty vyvolávají periodické alternace s oblastmi opakujícího se zahuštění a zředění (Obr.č.4). Z tohoto obrázku lze vidět, že tlak a výchylky částic nejsou ve stejné fázi. Oblasti minimální výchylky částic odpovídají oblastem maximálního tlaku a naopak největší výchylky (amplitudy) částic odpovídají minimálnímu tlaku [10].



Obr.č.4: Zvuková vlna ve stlačitelném médiu.

(A) Šíření tlaku v čase; (B) Vytěsňování částic v čase (C) Oblasti zahuštění a zředění [10]

Z toho vyplývá, že rychlost šíření v čistých plynech a kapalinách závisí na tlaku a hustotě prostředí a mění se i s teplotou.

Rychlost šíření (ultra)zvuku klesá v pořadí tuhé látky > kapaliny > plyny. Stručně řečeno, tužším prostředím se toto vlnění šíří rychleji.

2.4.1 Rychlost šíření ultrazvuku v tuhých látkách

Tuhé látky se liší od kapalin a plynů mnohem vyššími meziatomárními vazebními silami, a proto snášejí i smykové namáhání. V důsledku toho jsou tyto látky jediné, které mohou přenášet všechny druhy ultrazvukových vln. Některé druhy látky jako např. krystaly jsou anizotropické, což způsobuje, že rychlost šíření ultrazvukových vln závisí na orientaci.

a) rychlost šíření podélných vln C_L u tuhých látkách v neohraničeném prostředí je dána výrazem:[4],[11]

$$C_L = \sqrt{\left(\frac{E}{\rho} * \frac{1-\mu}{(1+\mu)*(1-2\mu)} \right)} \quad [m.s^{-1}] \quad (6)$$

kde E ... dynamický modul pružnosti v tahu [Pa]

ρ ... hustota [$kg.m^{-3}$]

μ ... Poissonovo číslo

b) rychlost šíření příčných vln C_T u tuhých látkách v neohraničeném prostředí udává vztah:[4],[11]

$$C_T = \sqrt{\frac{G}{\rho}} = \sqrt{\left(\frac{E}{\rho} * \frac{1}{2*(1+\mu)} \right)} \quad [m.s^{-1}] \quad (7)$$

kde G ...modul pružnosti ve smyku [Pa]

Poměr rychlostí šíření podélné a příčné vlny závisí pouze na Poissonově čísle μ a dán vztahem:[4],[10]

$$\frac{C_T}{C_L} = \sqrt{\frac{1-2*\mu}{2*(1-\mu)}} \quad kde \quad \left(\mu = \frac{E}{2*G} - 1 \right) \quad (8)$$

2.4.2 Rychlost šíření ultrazvuku v kapalinách

Rychlost šíření v čistých kapalinách závisí na tlaku a hustotě prostředí. Až na malé výjimky při velké viskozitě nekladou kapaliny žádný odpor smykovému namáhání, a proto se v nich šíří pouze podélné vlny. Zhušťování a zředování kmitajících částic probíhá adiabaticky, a proto rychlost šíření je dána výrazem:[4]

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}} = \sqrt{\frac{1}{\beta_{ad}\rho}} = \sqrt{\frac{\chi}{\beta_{iz}\rho}} \quad [m.s^{-1}] \quad (9)$$

kde $K = -(\partial P / \partial V_0) V_0 \dots$ je adiabatický modul objemové pružnosti [Pa]

$P \dots$ tlak [Pa]

$V_0 \dots$ objem [m^3]

$\beta_{ad} \dots$ adiabatická stlačitelnost [Pa^{-1}]

$\beta_{iz} \dots$ izotermická stlačitelnost [Pa^{-1}]

$\chi = \beta_{iz} / \beta_{ad} = c / c_v \dots$ poměr měrného tepla při konstantním tlaku p a objemu V (Poissonova konstanta)

Všeobecně je možné říci, že rychlost šíření ultrazvuku v kapalinách kromě vody klesá souběžně s teplotou. V případě vody však platí, že rychlost šíření ultrazvuku stoupá a dosahuje maximum při 74°C, potom klesá. Vliv hydrostatického tlaku na rychlost ultrazvukového vlnění v kapalinách je nepatrný. Rychlost šíření ve vodě dosahuje změny asi 0,1% na 1 Mpa.

Rychlost šíření ultrazvukových vln v roztocích a suspenzích závisí na koncentraci jednotlivých složek. Ve vodných roztocích solí rychlost šíření roste lineárně s jejich koncentrací. Ve vodných roztocích některých kyselin je lineární závislost rychlosti šíření ultrazvuku v závislosti na koncentraci omezená jen do určitého stupně koncentrace, když dosáhne maximum, potom a dalším růstem koncentrace už klesá přibližně lineárně.

V suspenzích a koloidních roztocích obsahujících dispergované malé částice rychlost šíření ultrazvuku závisí jak na koncentraci, tak na rozměrech, nejvíce pokud je velikost částice menší než délka ultrazvukové vlny.

Rychlost šíření ultrazvuku v plynu

Rychlost šíření ultrazvuku v ideálním plynu lze vyjádřit výrazem:[4]

$$c = \sqrt{\frac{\chi p}{\rho}} \quad [m.s^{-1}] \quad (10)$$

kde p ...je tlak [Pa]

$\chi = c_p/c_v$...poměr měrných tepel

Se stoupajícím obsahem vlhkosti se zvyšuje rychlost šíření ultrazvuku přibližně lineárně, např. při 50%-ní vlhkosti se zvýší rychlost o 1%, při 100%-ní o 2%. Pro skutečné plyny však často neplatí rychlost daná výrazem (10) nezávislým na frekvenci. Ve víceatomových plynech dochází k disperzi rychlosti, tj. její závislosti na frekvenci. Frekvenční závislost lze vysvětlit vlivem tepelné relaxace, charakterizované zpožděním, tj. dobou relaxace, vyjadřující čas nutný k výměně energie mezi externími a interními stupni volnosti, určujícími rovněž měrné teplo plynu.

Látka	Rychlost šíření c [m/s]
Hliník	3 080
Olovo	700
Benzín	1 162
Destil. voda	1 482
Aceton	1 192
Vzduch	331
Kyslík	316

Tab.č.1: Rychlosti šíření zvuku v některých prostředích [4]

2.5 Útlum ultrazvukových vln

Prochází-li ultrazvuková rovinná vlna prostředím, klesá její energie, a tím i její akustický tlak v závislosti na vlastnosti prostředí. Příčinou tohoto útlumu ultrazvukové vlny je:

a) pohlcování (absorpce) ultrazvukových vln, kdy se mechanická energie mění v tepelnou, a to v důsledku vnitřního tření kmitajících částic. Tento druh útlumu se vyskytuje ve všech skupenstvích [11],[12];

b) odraz, lom, ohyb a rozptyl - tento druh útlumu, vyskytující se zejména v nehomogenních a polykrystalických prostředích s neideálními elastickými vlastnostmi, se označuje jako útlum rozptylem. Rozptyl vyvolávají různá rozhraní, na nichž nastává odraz, lom a ohyb ultrazvukových vln. Jedná se nejčastěji o vnitřní nečistoty, póry a hranice zrn [11],[12].

Typickým příkladem pro vznik ztrát rozptylem jsou kovy skládající se z většího počtu náhodně orientovaných zrn. Krystaly jsou anizotropní, a proto mají v různých směrech různé elastické vlastnosti a v důsledku toho různou rychlost šíření ultrazvuku.

U tuhých látkách se obecně uplatňují ztráty pohlcováním a rozptylem a činitel útlumu je dán součtem dílčích útlumů [11]

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 \quad (11)$$

α_1 = útlum pohlcováním, při kterém se mechanická energie kmitů mění v tepelnou,

α_2 = útlum rozptylem, při kterém se ultrazvuková energie ztrácí v důsledku odrazu a lomu do různých směrů.

Vzhledem k závislosti útlumových ztrát na struktuře a velikosti zrna jsou obecně nejnížší ztráty, a tedy nejnížší hodnoty součinitele útlumu u tepelně zpracovaných materiálů, které mají jemnozrnnou strukturu a nejvyšší naopak u hrubozrnných materiálů.

3 Využití ultrazvuku v průmyslu

Využití ultrazvuku v průmyslu je založeno na hlavních fyzikálních jevech, které se vyskytují v homogenním ultrazvukovém poli:

- kmitavý pohyb základních prvků kapaliny následkem akustického šíření vln, akustické proudění, což je cirkulační proudění v kapalině absorpcí momentů akustických vln médiiem;
- kavitace, což je růst, oscilace a kolaps bublin plynu nebo páry způsobený akustickou vlnou. Aby se vyskytla kavitace, je nutné, aby médium obsahovalo jádra – malé kapsičky plynu uvízlé v trhlinkách a malá zrnka prachu na stěnách zařízení, které mohou být excitovány ultrazvukem na základě frekvence a intenzity ultrazvukové vlny;
- blízko rozhraní s pevnou látkou se vyskytuje další jev, který je pojmenován “microstreaming, mikroproudění”. Je to efekt impedance akustické vlny na objektu způsobené dalším typem proudění, které se vyskytuje blízko povrchu a je způsobené třením mezi pevným povrchem a oscilujícími částicemi tekutiny. V podstatě mikroproudění je dalším důkazem akustického toku [13].

Využití aktivní ultrazvukové energie se dá rozdělit do tří skupin:

- a) mechanický efekt** – čištění, vrtání, svařování, mletí, rozprašování;
- b) chemicko-technologický efekt** – emulgace, homogenizace, filtrace, extrakce, difúze, krystalizace, urychlování rozpouštění;
- c) chemický efekt** – vliv na rychlost, průběh reakcí, tvorbu volných radikálů, hydrogenaci, urychlení oxidace.

3.1 Ultrazvuk v chemicko-technologických procesech

Důvody, pro které se aplikuje akustická energie v chemicko-technologických procesech, spočívají v intenzifikujících účincích, které se projevují především v následujících aplikacích:

emulgace - ultrazvukové energie se už delší čas používá na míchání (emulgování) jinak nerozpustných nemísitelných kapalin nebo na podstatné zlepšování vlastností již existujících emulzí.

Ultrazvukové emulze se vyznačují těmito vlastnostmi:

- a) dovolují vytvořit emulze s malým rozměrem částic v úzkém rozmezí pod $1\mu\text{m}$. V laboratorních podmínkách lze dosáhnout rozměrového rozmezí v rozsahu od $0,18$ do $0,37\mu\text{m}$;
- b) emulze jsou stabilnější a ne vždy je třeba použít stabilizátorů;
- c) náklady na výrobu ultrazvukových emulzí jsou menší. Dosahují několikanásobné úspory energie a času, protože akustické metody použité při výrobě jsou účinnější.

V průmyslu se nejčastěji připravují ultrazvukové emulze na bázi oleje (tuku) a vody, a to především v textilním, kosmetickém a potravinářském průmyslu [2],[8];

homogenizace – představuje lepší a rychlejší promíchání směsí kapalných látek různých druhů a s různou viskozitou. Tento proces je částečně založený také na zmenšení tření v procesu homogenizace. Použití ultrazvukové metody může být velmi výhodné a efektivní u výrobků, u kterých vyžadujeme, aby jednotlivé složky byly smíchané rovnoměrně a s dokonalou homogenitou [2];

dispergace – využití při výrobě barev, pigmentů, farmaceutických výrobků atd. Rychlost ultrazvukové dispergace různých materiálů závisí na jejich tvrdosti, počáteční zrnitosti, atd. Ultrazvuková dispergace a rozklad částic se používá často v laboratorní a výzkumné praxi, a to v různých směrech. U této aplikace

se připravují vzorky ke zkoumání elektronovým mikroskopem, kde se vyžaduje malé množství látky s nejvyšším stupněm jemnosti [2],[8];

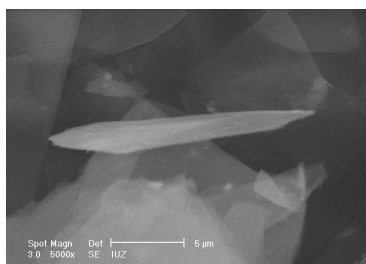
koagulace - shlukování, srážení pevné látky z koloidního roztoku, ke srážení suspendovaných částic ve větší zrnka [2],[8];

aglomerace a flokulace – nahromadění, nakupení, shluk, vločkování, seskupení některých částic rozptýlených v tekutých nebo plynných prostředích. Výsledky srážení závisí na fyzikálně-chemických vlastnostech suspenzí (koncentraci, rozměrech a struktuře částic, teploty, tlaku prostředí apod.) a na parametrech ultrazvukového pole (na intenzitě, frekvenci a času ozařování);

krystalizace – ultrazvukové kmity umožňují řízení velikosti krystalů, zabraňují tvoření shluků a srůstů;

delaminace – k rozlískovávání destičkovitých materiálů např. mletí slídy).

Jestliže se zavede do kapaliny ultrazvukové vlnění o akustickém výkonu větším



než 50 W/cm^2 dochází v důsledku kavitačních dějů v kapalině k rozkmitání jednotlivých částic v axiálním směru podle frekvence podélného vlnění a následně k oddělování jednotlivých vrstev (Obr.č.5), a tím i k rozduřování částic;

Obr.č.5: Delaminované částice slídy s tloušťkou pod jeden mikrometr

odplyňování kapalin – s kombinací s vakuem se hodí hlavně pro velmi viskózní kapaliny, oleje a dále kapaliny, ve kterých obsah kyslíku vyvolává korozi. Ultrazvukové odplynění je možné také využít při úpravě kovových a skelných tavenin;

chemická reakce - urychluje homogenní i heterogenní reakce, umožňuje dosahovat větších reakčních výtěžků, aktivuje a regeneruje katalyzátory, umožňuje provádět reakce, které za normálních laboratorních podmínek neprobíhají, umožňuje snížení teploty nebo tlaku pro chemickou reakci, umožňuje vznik sonogelů atd;

úprava a čištění vody – při intenzitě ultrazvukového pole nad 50W.cm^{-1} dochází k poškození nebo zničení 97–99% bakterií, dále dochází k okysličení vody zvýšenou ozonizací;

kavitace - má-li ultrazvuk dostatečnou intenzitu, vyvolává při průchodu kapalinou jev zvaný kavitace.

První zmínka o kavitaci je z roku 1895 od Sira Johna Thornycrofta a Sidneyho Barnabyho v jejich studii o erozi listů lodního šroubu [10]. Kavitace je fyzikální jev v kapalině (v daném případě ve vodě), při němž vznikají, vyvíjejí se a zanikají kavitační bubliny (dutiny), které jsou naplněny vodními parami nebo plyny (Obr.č.6). Kavitace nastává při dosažení určitých podmínek, a to při odpovídajícím tlaku a teplotě v daném místě. Kavitačním tlakem je tlak blízký tlaku nasycených par (p_{va}) při odpovídající teplotě a závisí na obsahu plynu v kapalině. Závisí také na druhu, tvaru, velikosti a počtu kavitačních jader a na době jejich výskytu v kritické oblasti [14],[15],[16].

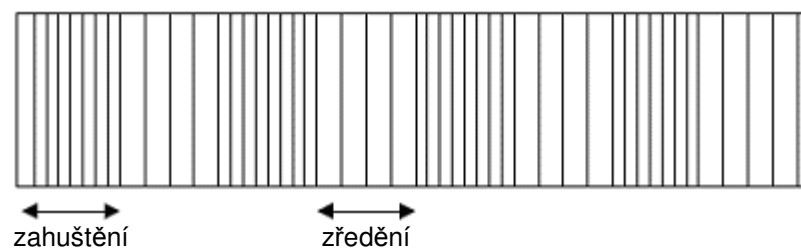


Obr.č.6: Kavitace ve vodě

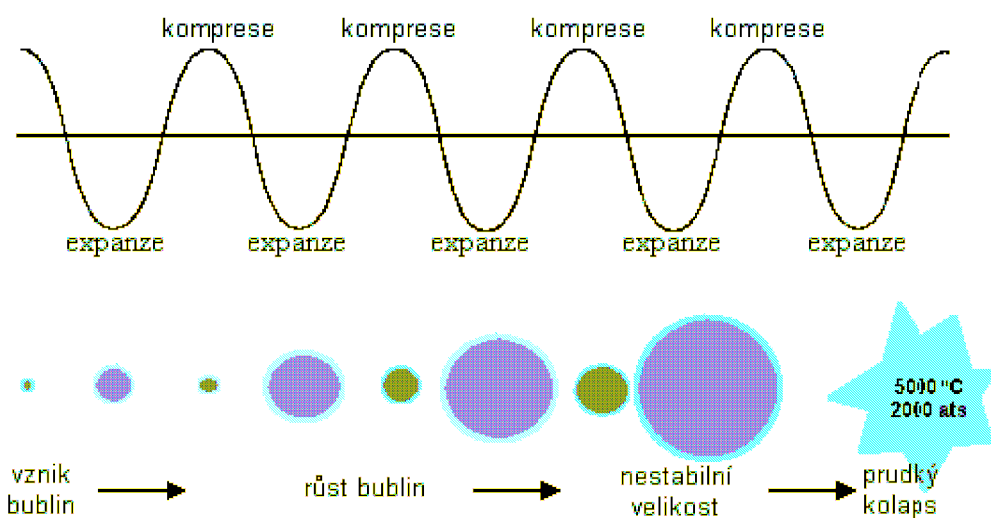
Vznik kavitace

Periodicky se opakující tlakové vlny prochází kapalinou, kde nastává lokální “zředování” a “zhušťování” (Obr č.7). V místech s poklesem tlaku dojde na částech tuhých látek nebo plynů (weak spots) k vytvoření parní bubliny, která se následným zvýšením tlaku smrští [17]. Při opakované tlakové vlně dojde ke zvětšení smrštěné bublinky, která se při kompresi opět stlačí (Obr.č.8). Tento děj se opakuje až do kritické velikosti bubliny, která se pohybuje v rozmezí 170–300 μm a jeden cyklus trvá asi 300 μs . Po dosažení kritické velikosti dochází ke **kavitačnímu zhroucení**, tzv. adiabatické kompresi trvající asi 2 μs .

Bylo zjištěno, že plyn uvnitř bubliny má teplotu až 5000–15 000 °C a okolní kapalná vrstva až 2 000 °C. Metoda, která se používá k měření takto vysokých teplot se nazývá **sonoluminiscence** a teplotu kolabující bubliny lze určit ze spektra emitovaného záření. Zvýšení tlaků při kolapsu se pohybuje ve stovkách atmosfér. Toto lokalizované zvýšení teploty a tlaku na extrémní hodnoty je podstatou iniciace reakcí ultrazvukem. Vznik, růst a kolaps bublin se nazývá kavitace a umožňuje přenos energie pro následné chemické reakce.



Obr.č.7: Zvuková vlna – oblast zahuštění a zředění



Obr.č.8: Vznik, růst a kolaps bublin v závislosti na změně tlaku

Pro roztržení čisté kapaliny a navození kavitačního cyklu by bylo potřeba velmi vysoké energie. Nižší energie postačuje tehdy, pokud v kapalině existují tzv. **slabé body**. Ty svojí přítomností způsobují snížení síly potřebné k roztržení kapaliny. Slabé body jsou např. malé pevné částičky nebo i zavedené plynové bublinky (argon). Jejich přítomnost snižuje energii potřebnou k vytvoření kavitace. Při vyšší frekvenci v oblasti MHz by byla špatně navozována tvorba

kavitace v kapalině. Počet zvukových vln procházejících za jednu sekundu by byl velký a čas na rozestupování molekul velice krátký. Došlo by k roztržení kapaliny mezi ponořeným kmitajícím vlnovodem a kapalinou a vytvořil by se tak shluk bublin tzv. **kavitační bariéra**, která by zabránila přenosu zvuku do kapaliny. Navození kavitace v celém objemu kapaliny by bylo velice obtížné. Proto se nejčastěji používají ultrazvuková zařízení s frekvencí od 20 kHz do 100 kHz. My jsme reakce prováděli v ultrazvukovém zařízení pracujícím s frekvencí 20 kHz [17],[18],[19].

3.2 Ultrazvuk v zušlechťování

Vlivy ultrazvuku na textilní soustavy byly sledovány již před mnoha lety a v různých etapách, ale přesto se zdá, že základní mechanismy nebyly úplně objasněny a realizace nepřesáhly měřítko jen krátkodobých poloprovozních, výjimečně provozních pokusů.

Jak se ukázalo, používání ultrazvukové techniky v zušlechťovacích mokrých procesech poskytuje následující výhody:

- úspora energie u barvení při nižších teplotách a redukováných časech na zpracování,
- menší spotřeba chemikálií a vody (nižší zatížení životního prostředí),
- zvýšení intenzity barviva, atd [13],[20].

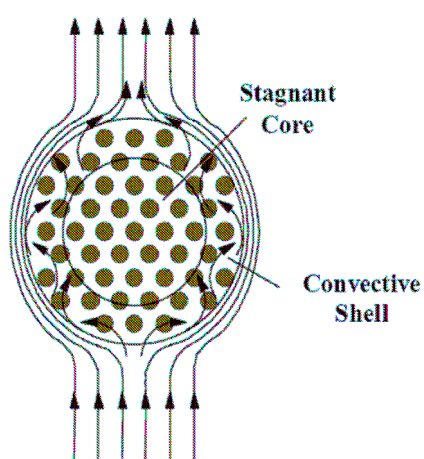
3.2.1 Vlastnosti textilních vláken na vliv ultrazvuku

Důležitým aspektem mokrých procesů je chování kapaliny při průtoku textilií. Potřeba zlepšovat metody během mokrého zpracování textilu vzniká z různých nevýhod současných postupů. Tyto nevýhody jsou:

- spotřeba velkého množství vody a energie,
- časová náročnost.

Jak vyplývá z literárních studií prezentovaných v disertační práci V.F.Moholkar [13], zlepšení přenosu hmoty v textilních materiálech je základem ke zlepšení účinnosti mokrých procesů při zpracování textilu.

Pro použití ultrazvuku ke zlepšení mokré části zpracování textilu je důležité znát princip proudění kapaliny skrz textilií.



Obr.č.9: Proud tekutiny skrz bavlnu

Z obrázku č.9 je zřejmé, že hlavní tok kopíruje cestu nejmenšího odporu (mezi bavlnami) a prakticky neprotéká bavlnou samotnou. V každém případě může tok v menší míře vpenetrovat dovnitř bavlny. To může vytvářet jemný konvenční obal po obvodu bavlny. Vnitřní jádro bavlny je stojatou zónou, které zůstává nedotčeno a je bez jakéhokoliv průtoku. Proto se v této zóně uskutečňuje přenos hmoty pouze difúzí [13].

Klutz ve své práci (1997) dospěl k závěru, že vlákna bavlny, která jsou podrobena vlivu ultrazvuku, zvýší svůj objem více než vlákna bavlny ponechané ve vodě samotné [13].

Klutz objasnil také dvě hlavní hypotézy ultrazvukového pomáhání pro snadnější pronikání kapaliny (barviva) do struktury vláken:

1. již zmíněné nabobtnání vláken, které má za následek zvýšení absorpce barviva a usnadnění snazšího průniku do vlákna;
2. zmenšení velikosti částic barviva, které lépe difundují do vlákna.

Je také důležité zmínit se o povrchu textilie, který byl vystaven ultrazvukovému vlivu. Tharoke (1988) ve své studii uvedl, že povrch textilie, který byl podroben ultrazvuku (při 40 kHz), nebyl nijak poškozen. Poškozeny ani

ovlivněny nebyly primární buněčné stěny a změny se nevyskytly ani ve vláknité struktuře.

V systému tvořeném kapalným médiem (vodou) a textilií se může kavitace vyskytovat na třech různých místech:

- a) v celé tekutině;
- b) ve vazebné vrstvičce mezi tekutinou a textilií;
- c) uprostřed vláken textilie (což je možné díky nukleaci způsobené malými plynnými kapsičkami v pórech vlákniny).

Kavitace přispívá ke zlepšení přenosu hmoty v textilií, a tudíž k intenzifikaci ošetřování textilu různými cestami:

- kmitání bublin vytváří sférické pole rychlosti, které se rozpadá úměrně čtverci vzdálenosti od středu bubliny. Během příležitostného pohybu stěny bubliny, může její rychlost dosáhnout nebo přesáhnout rychlosti zvuku v médiu, a tím vytvářet silnou vodivost v místě velmi blízkém bublině;
- pokud se bublina vyskytuje v těsné blízkosti pevného povrchu, může přestát deformaci během přechodného kolapsu, čímž vzniká vysokorychlostní proud tekutiny přímo k, nebo od okraje (záleží na charakteru okraje – volný či nepoddajný) [13].

3.2.2 Vliv ultrazvuku v předúpravě

Enzymatická předúprava

Enzymatická předúprava bavlny prováděná pomocí pektináz (bioscouring) je velmi slibný nový přístup pro přípravu bavlněného textilního materiálu pro následující mokré procesy: merceraci, bělení, barvení, tisk a finální úpravy.

Díky své poměrně velké molekule, mají enzymy sníženou schopnost proniknout do vlákna, proto je při jejich zpracování cirkulace lázně nezbytná.

Při působení ultrazvuku při enzymatickém procesu dojde k těmto účinkům: [21],[22]

1. desorpce molekul enzymu z povrchu vlákna, zvýšení počtu volných míst pro enzymatickou reakci;
2. deaglomerace enzymu molekul;
3. rychlejší doprava molekul enzymu směrem k povrchu textlie;
4. k rychlejšímu odstranění produktů enzymatické hydrolýzy z reakčního místa.

Kombinace enzymatické předúpravy (bioscouring) s odšlichtováním a poté praním zajistí látce dobrou snášivost s dostatečnou homogenitou, aniž by se snížily mechanické vlastnosti materiálu. Naopak některé vlastnosti, jako pevnost, se zvýšily [21],[22].

Zlepšení afinity vláken při šlichtování s ultrazvukem

Zpracování osnovních přízí ultrazvukem ve šlichtovacím korytu a propařování surových přízí vede ke zvýšení afinity šlichtovacího přípravku k vláknu. Osnovní příze byly šlichtovány v korytu spolu s ultrazvukovými vlnami za vysoké teploty a byla zkoumána zkušební kritéria jako lepivost a tažnost.

Při zpracování přízí ultrazvukem dochází pravděpodobně ke změnám na povrchu vlákna, což vede k větší afinitě šlichtovacího přípravku, a tím se velmi zlepšuje lepivost (pojivost přízí). U bavlněných vláken průměrně o 27 - 35 %, zatímco u PES/ba se lepivost zlepšuje nepatrně, nebo se i snižuje. Ultrazvuk nemá velký vliv na molekulární strukturu šlichtovacího činidla, pouze negativně působí na viskozitu šlichtovací lázně, která klesne po intenzivním zpracování v ultrazvukovém poli po 5 minutách o 20% [19].

Bělení

Byla provedena studie dokazující možnost využití ultrazvuku k aktivaci peroxidu vodíku při nižších teplotách a alkalitě, než vyžaduje klasický bělicí proces. Jedná se o využití potenciálu vysoce reaktivních hydroxylových radikálů při kolapsu bublin během kavitace, kdy dochází k intenzivnímu místnímu vývoji tepla a tlaku.

Je také popsáno nízkoteplotní bělení bavlněného materiálu kyselinou peroctovou s využitím ultrazvuku při 50 °C, kde jsou výsledky porovnatelné s konvenčním procesem peroxidového bělení. Poškození vláken je přitom nižší než u klasického bělení [23].

3.2.3 Ultrazvuk v barvení

Bezproblémovým se zdá použití ultrazvuku (500 kHz) k úpravě disperzity barvicích lázní bezprostředně před barvením disperzními barvivy – popsáno je až 50 %ní zvýšení sytosti odstínu disperzních barviv na polyesterových a acetátových vláknech, při čemž se samotné barvení provádělo bez ultrazvuku. Nízkofrekvenční zvuk (17 kHz) výrazně zkrátil barvení acetátových a polyamidových vláken aplikací na barvicí lázeň během barvicího procesu – vliv je větší u barviv s většími molekulami a při nižší teplotě barvení. U barviv rozpustných ve vodě (přímá barviva na bavlně) nebyl pozorován vliv separátní předúpravy, jak samotné barvicí lázně, tak i vlákna upravená ultrazvukem před barvením.

Exaktní sledování účinku ultrazvuku na barvení ještě není zcela uzavřeno, ale současné podklady umožňují konstatovat:

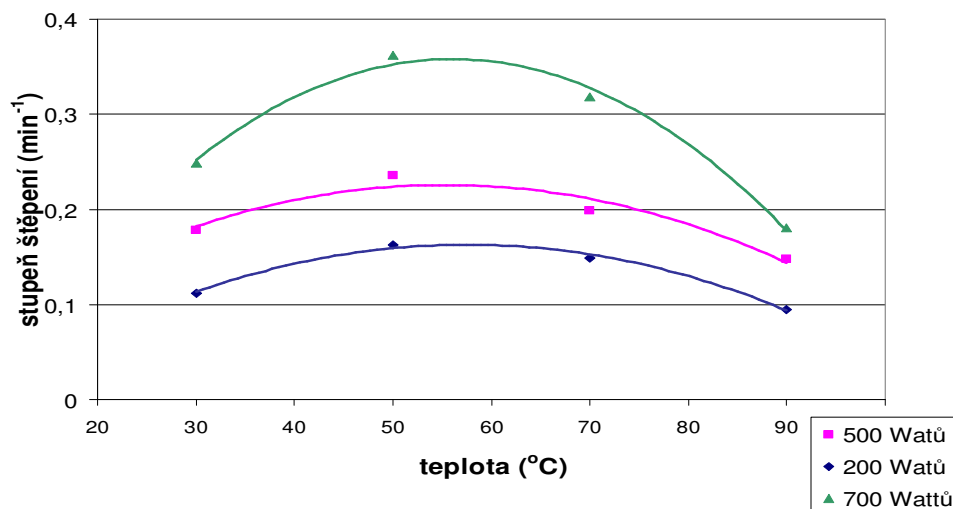
- účelně se narušuje hraniční vrstva vlákno – lázeň. Zvyšuje se cirkulace barvicí lázně zejména uvnitř příze;
- dochází k rychlejší difúzi barviva v nitru bavlněného vlákna – pravděpodobně ultrazvuk zvyšuje segmentovou pohyblivost v amorfních oblastech celulózy, a tím zvyšuje rychlost difúze barviva;

- dochází ke snížení agregace a zvýšení rozpustnosti vodorozpustných barviv v lázni. Při tom se takto docilovaná rozpustnost neprojeví snížením rozdělovací rovnováhy – tedy nebylo pozorováno zhoršení konečného vytažení lázně, naopak v řadě případů dochází ke zvýšenému vytažení lázně (což je teoreticky nejasné, pravděpodobně je to vliv zvýšené rychlosti penetrace – větší podíl lázně je v častějším kontaktu s vláknem);
- koncentrace natahování barviva zůstává lineární funkcí druhé odmocniny z času barvení, což naznačuje, že difúze barviva ve vlákne zůstává i při použití ultrazvuku rozhodujícím faktorem řídícím rychlost barvení (ve smyslu Fickových zákonů);
- často se projevuje výrazně zvýšená sytost vybarvení i při jinak stejném obsahu barviva ve vlákne, což zřejmě souvisí se stejnoměrnější a jemnější distribucí částic barviva ve hmotě vlákna [24].

V poslední době autoři Lee,K.W., CHung,Y.S. a kol. [25], provedli několik experimentů, z jejichž závěrů vyplynulo několik podstatných poznatků, co se týče vlivu ultrazvukového vlnění na barvení bavlny disperzními barvivy.

- velikost částic se snižuje s delší dobou působení ultrazvuku a snížení velikosti částic závisí také na teplotě;
- čím menší je objem disperze, tím rychleji se v závislosti na intenzitě ultrazvuku snižuje velikost částic;
- možnost snížení koncentrace barviva v lázni;
- vliv teploty na kavitační štěpení částic barviva může být přisuzováno řadě faktorů kapalného média zahrnující koncentraci rozpuštěného vzduchu, viskozitu kapaliny, povrchové napětí kapaliny a tlaku par v mikrobublinách, všechny tyto vyjmenované faktory jsou závislé na teplotě;
- čím menší je objem disperze, tím rychleji se v závislosti na intenzitě ultrazvuku snižuje velikost částic. Při různých intenzitách ultrazvuku se míra štěpení snižuje s objemem disperze barviva;

- při všech experimentálních rozsazích ultrazvukové intenzity se dosahuje v disperzi barviva maximum míry štěpení okolo 50 °C (Graf č.1). Štěpení se snižuje se zvyšující se teplotou a závisí na intenzitě ultrazvuku [25],[26].



Graf č. 1: Vliv doby působení ultrazvuku na štěpení barviva [25]

3.2.4 Intenzifikace praní, finální úpravy

Je známo, že ultrazvuk silně napomáhá rychlosti a stupni vypírání nečistot při mechanickém praní, což se využívá také v konstrukci některých typů praček. Je popsán také vliv na permanenci a efektivitu nemačkových úprav aplikovaných vytahovacím postupem a zvýšení účinku alkalické hydrolýzy polyesteru (dewighting) [13],[23],[27].

Využití ultrazvuku v procesu sušení

Ultrazvuk v rozmezí 20 - 30 kHz lze úspěšně použít pro podporu konvenčního sušení. Běžné metody sušení jsou velmi nákladné a probíhají pomalu. Předností ultrazvuku je, že má maximální účinnost při relativně nízkých teplotách. Pro výzkum účinku ultrazvuku při sušení bylo vyrobeno laboratorní zařízení, ve kterém materiál zůstával v klidu a kolem něho proudil vzduch v uzavřeném okruhu. Teplota vzduchu byla 40 °C. Ultrazvukové generátory byly umístěny na obou stranách zařízení. Bylo dosaženo zkrácení doby sušení až o 35%. Nabízí se zde tedy možnost využít tuto technologii pro sušení materiálů citlivějších na vyšší teploty [28],[29],[30].

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V experimentální části práce byla sledována možnost využití ultrazvukových technologií v textilním zušlechťování, což by znamenalo rozšíření dosavadních poznatků. Při testování ultrazvuku v různých fázích zpracování textilních materiálů v zušlechťovacích procesech bylo hodnoceno zefektivnění a intenzifikace procesů probíhajících v důsledku ultrazvukových vibrací.

Experimentální část proběhla ve spolupráci firmou Inotex, Dvůr Králové nad Labem, která dodávala některé textilní materiály, přípravky a prováděla hodnocení výsledků.

Účinky ultrazvukového homogenizátoru byly sledovány ve 3 fázích zpracování textilního materiálu:

- 1) při předúpravě
- 2) při barvení
- 3) při finálních úpravách.

Charakteristika použitých přístrojů a pomůcek

Laboratorní ultrazvukový homogenizátor Bandelin

Ultrazvukové homogenizátory Sonopuls typu HD 3200 (Obr.č.10) jsou výkonná zařízení pro vědecké a technické aplikace s různými možnostmi použití, např.:

- homogenizace kapalin
- emulgace špatně nemísitelných kapalin
- dispergace aglomerátů
- urychlování chemických reakcí
- buněčný rozklad (extrakce mikroorganismů, tkáňových buněk)
- odplynění kapalin
- analýza životního prostředí (zkoumání odpadních vod, vzorků půdy)
- sonochemie apod.

Princip:[31]

Ultrazvukové homogenizátory jsou zařízení, která na sondě využívají ultrazvuku s vysokou intenzitou pro působení na menší množství kapalin. Vysokofrekvenční generátor transformuje jmenovité napětí elektrické sítě s frekvencí 50 Hz na vysokofrekvenční napětí o kmitočtu 20 kHz. Střídavé síťové napětí je nejdříve usměrněno a vyhlazeno, potom je přeměněno na napětí s vysokou frekvencí. Výsledkem je v čase konstantní, ultrazvukový výkon na ultrazvukovém měniči nezávislý na přiloženém zatížení. Ultrazvukový měnič je vybavený vysoce účinným PZT-ultrazvukovým oscilačním systémem a přeměňuje elektrickou energii dodávanou generátorem na mechanické kmitání o stejné frekvenci (20 kHz). Na ultrazvukovém měniči jsou namontovány stupnovité resp. booster-nástavce se sondami (mikro-, kuželový hrot nebo titanový hrot). Ty zajišťují několikanásobné mechanické zesílení amplitudy ultrazvuku na hrotu.

Ultrazvukový generátor má výkon 200 W, což odpovídá 100% amplitudy, a přístroj je určen pro práce se vzorky o objemu od 2 do 1000 ml. Zesílená hlavice může sloužit k upevnění sond o průměru 2, 3, 6, 13, 19 a 25 mm. Výkon generátoru lze volit jako velikost amplitudy kmitů, nebo přímo v jednotkách výkonu. Lze dále volit časový interval, po který bude působit pulzace (čas chodu generátoru) od 0,1 do 600 s, a čas, kdy bude generátor v klidu od 0,2 do 600 s. Tak lze zvolit prakticky libovolný program chodu přístroje, 9 takto zvolených programů lze uložit do paměti řídicí jednotky. Displej jednotky je podsvícený a lze na něm současně odečítat veškeré nastavené veličiny, ale také ještě odečíst množství energie vložené do vzorku, nebo průběžně odečítat teplotu vzorku (za předpokladu, že jednotka byla dovybavena teplotním čidlem).

Titanové sondy přenášejí kmity ultrazvuku do vzorku. Jsou termostabilní, autoklávovatelné a vysoce odolné vůči agresivním látkám. Jejich velikost se volí podle objemu vzorku, do kterého se ponořují. Při ponoru se povrch sondy nesmí dotýkat stěn reakční nádoby.

Technické údaje jednotky (generátoru):[31]

- HF výkon, maximum 200 W
- HF frekvence: 20 kHz
- rozsah výkonu 25 - 150 W

Technické údaje:[31]

- napájení: 230 V - 50/60 Hz
- frekvence ultrazvuku: 20 kHz \pm 500 Hz
- rozsah nastavení času: 0:00:01 – 9:59:59 [h:mm:ss]
- pracovní režim ultrazvuku: pulsní nebo nepřetržitý
- pulsní čas zapnutý ON: 0.1 – 600 s
- pulsní čas vypnutý OFF: 0.2 – 600 s
- ovládání ultrazvuku: amplituda nebo výkon
- nastavení rozsahu amplitudy: 10 – 100% s krokem 1%
- zobrazení energie: kJ

Technické údaje sondy MS 73:[31]

- průměr: 3 mm
- množství lázně vystavené působení ultrazvuku: 5 ml – 90 ml
- maximální přípustné nastavení amplitudy: 65%



Obr.č.10: Ultrazukový homogenizátor Sonopuls typu HD 3200 se sonotrodou MS 73, s průměrem hrotu 3mm

Další použité přístroje a pomůcky:

- Nosič tkaniny – průměr válce 40mm - byl sestrojen jako držák sloužící pro zajištění co nejrovnoměrnějšího kontaktu lázně s tkaninou (Obr.č.11)
- Spektrofotometr Specol firmy Jena Carl Zeiss (Obr.č.12)
- Multilight – firma DATACOLOR (světlo D65)
- Fulár s mechanicky regulovaným odmačkem
- Mikropipeta – Plastomed 200 μ l
- Sušárna – horkovzdušná HS 62 A, 220 V, 50 Hz, dodavatel – ZPA Dukla Prešov.
- Analytické váhy – SARTORIUS, vážení s přesností na mg, dodavatel – Karolina Express Gmbh, Ústí nad Labem.



Obr.č.11: Nosič tkaniny



Obr.č.12: Spektrofotometr Specol

4 Vliv ultrazvuku na předúpravu

4.1 Charakteristika použitého materiálu

- 100%-ní bavlna, žebrový úplet
Plošná hmotnost – 250 g.m^{-2}
- 100%-ní bavlna, plátno - škrobová šlichta
Plošná hmotnost - 120 g.m^{-2}
- 100%-ní PES , plátno, termicky fixovaný
Plošná hmotnost -175 g.m^{-2}
- 100%-ní PES, úplet
Plošná hmotnost - 120 g.m^{-2}

4.2 Charakteristika použitých přípravků

Diadavin UN	<ul style="list-style-type: none">- prací přípravek pro předúpravu celulózových materiálů a jejich směsí,- polyglykoleter mastných alkoholů, neionogenní, tekutý- vhodný pro enzymatické odšlichtování,- výrobce: Inotex, Dvůr Králové nad Labem
Stabilizátor 709	<ul style="list-style-type: none">- textilní pomocný přípravek pro předúpravu,- derivát karbonové kyseliny, tekutý, bez ionogenity,- výrobce: Inotex, Dvůr Králové nad Labem.
Texamyl NS	<ul style="list-style-type: none">- bakteriální alfa-amyláza pro klasické procesy odbourání škrobových šlicht,- aplikuje se zpravidla při postupech s odležením,- výrobce: Inotex, Dvůr Králové nad Labem.
Texamyl BL	<ul style="list-style-type: none">- bakteriální termostabilní alfa-amyláza pro rychlé odbourávání škrobových šlicht a apretů, s maximální aktivitou při teplotách kolem bodu varu,- výrobce: Inotex, Dvůr Králové nad Labem.
Texazym SC	<ul style="list-style-type: none">- enzymatický přípravek pro biopředúpravu bavlněného substrátu, ekologická náhrada alkalické vyvářky,- neionogenní hnědá kapalina, pH produktu 6,5,- výrobce: Inotex, Dvůr Králové nad Labem.
Texazym PES	<ul style="list-style-type: none">- enzymatický přípravek neionogenní, amfoterní, pro modifikaci PES a jeho směsí,- výrobce: Inotex, Dvůr Králové nad Labem.
Texazym EM	<ul style="list-style-type: none">- enzymatický přípravek neionogenní, amfoterní,- výrobce: Inotex, Dvůr Králové nad Labem.
Tannex GEO	<ul style="list-style-type: none">- nízkopěnivý stabilizátor peroxidu na bázi přírodních minerálů, pro diskontinuální bělení bavlněných a směsových tkanin,- přírodní minerálie, tekutý, amfoterní,- výrobce: Inotex, Dvůr Králové nad Labem [32].

4.3 Metody hodnocení výsledků

Vyhodnocení stupně odšlichtování tkaniny podle metody TEGEWA [33]

Zásobní roztok:

5,5 g nesublimovaného jódu

11 g jódidu draselného (KI)

- roztok se nechá rozpustit a doplní se vodou na 250 ml.

Pracovní roztok:

20 KI se nechá rozpustit v malém množství vody,

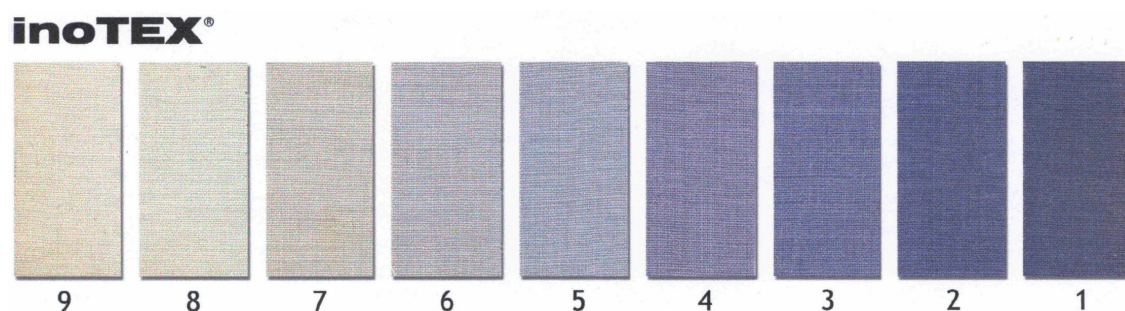
2 ml zásobního jodového roztoku

- vše se doplní vodou na 500 ml.

Vlastní zkouška:

Vzorky tkaniny 10x10 cm se smočí do pracovního roztoku 1:20 (poměr váhy materiálu : množství lázně) na dobu 10 minut. Poté se vzorky vyjmou a odmačkou. Indikátor (KI+roztok jódu) poskytuje se škrobem, obsaženým ve šlichtovacím prostředku naneseném na textilií, modré zabarvení, které je tím intenzivnější, čím více zbytkového škrobu zůstane na testované textilií.

Kvantitativně lze toto stanovení uspořádat tak, že si připravíme např. 9-ti stupňovou škálu (Obr.č.13) s různou koncentrací škrobu a tuto škálu obarvíme jodovým roztokem. Stupeň odšlichtování pak hodnotíme podle této 9-ti členné stupnice.



Obr.č.13: Stupnice Tegewa firmy Inotex

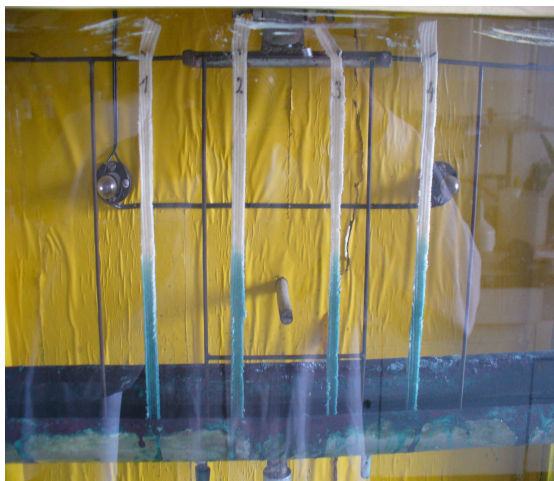
Sací výška ČSN 80 0828 [34]

Zkouška slouží ke stanovení savosti textilního materiálu vůči vodě vzlínáním, což je schopnost textilie přijímat vodu prostřednictvím kapilárních sil. Stanovuje se tzv. sací výška v mm.

Postup zkoušky: klimatizované vzorky o rozměrech 255x10 mm se upevní na rámeček zkušebního zařízení (Obr.č.14) napichováním na bodce tak, aby na straně, která bude ponořená do kapaliny, přečnívaly pod bodcem 2 mm až 5 mm. Rámeček se umístí na zkušební zařízení, miska se zkušební kapalinou o teplotě $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ se nastaví tak, aby přečnívající konec pod bodcem byl ponořen do kapaliny a nechá se vzlínat.

Při zkoušení bílých textilií a textilií světlých odstínů, u kterých se výška stoupání kapaliny dá těžko rozeznat, se může použít 1%-ní roztok barviva, obsahující barvivo, které nesmí být afinní vůči zkoušenému materiálu (v tomto případě bylo použito barvivo Alizarinová brilantní zeleň G extra). U vzorků tmavých odstínů se doporučuje zadní stranu osvětlit, přičemž je třeba zabránit ohřívání vzorků. U vzorků, které nepropouštějí světlo, se na přední stranu po délce vyznačí křídou čára.

Výpočet výsledků: ihned po uplynutí stanovené doby se na měřítkách odečte výška vzlínání s přesností na 0,5 mm, přičemž je třeba zajistit současný odečet všech zkoušených vzorků. Pokud kapalina nestoupá po celé šíři vzorků, uvede se průměrná hodnota. Z pěti naměřených hodnot v podélném a příčném směru se zvlášť vypočítají průměrné hodnoty, které se zaokrouhlí na 1 mm.



Obr.č.14: Rámeček zkušebního zařízení pro stanovení sací výšky (Inotex, Dvůr Králové nad Labem).

Stanovení bělosti ČSN 105-J02 (běl Bergerová) [35]

Norma ČSN 105-J02 popisuje metodu kvantitativní stanovení bělosti a barevného odstínu textilií včetně fluorescenčních materiálů.

Bělost stanovená touto zkušební metodou vypovídá o tom, jak se bílá textilie jeví průměrnému pozorovateli. Barevný odstín, pokud není roven 0, ukazuje na to, že se posunul od modrého (neutrálního) barevného odstínu s odpovídající vlnovou délkou 466 nm k červenému nebo zelenému. Vzorce pro výpočet stupně bělosti a barevného odstínu jsou ty, které doporučuje CIE.

Podstata zkoušky:

Měřením spektrofotometrem nebo kolorimetrem se zjišťují trichromatické složky CIE. Stupeň bělosti se vypočítá podle vzorců založených na podílech trichromatických souřadnic CIE.

Postup zkoušky:

- a) před měřením barvy by se mělo v tmavém prostoru pod ultrafialovým světlem zjistit, zda je zkušební vzorek opticky zjasněný. Opticky zjasněný vzorek pod ultrafialovým světlem fluoreskuje;
- b) přístroj pro měření barev se kalibruje (viz kapitola 5.4);
- c) pro každou zprůměrovanou hodnotu se zjistí trichromatické složky X_{10}, Y_{10}, Z_{10} pro druh světla CIE D_{65} a pozorovatele $10^\circ - 1964$;
- d) pro všechny zkušební vzorky se vypočítá stupeň bělosti (W_{10}) podle rovnice

$$W_{10} = Y_{10} + 800 (0,3138 - x_{10}) + 1700 (0,3310 - y_{10}) \quad (12)$$

kde W_{10} je stupeň bělosti,

Y_{10} trichromatická složka zkušební vzorku,

X_{10}, y_{10} barevné souřadnice vzorku,

$x_{10} = 0,3138, y_{10} = 0,3310$ - jsou barevné souřadnice pro dokonale odrážející difuzér [36].

Pro ideální běl je hodnota $W_{10} = 100$, pro vzorky z bělených tkanin s OZP se hodnota W_{10} pohybuje okolo 150 – 180 [36].

4.4 Aplikace přípravků na textilie

Při všech následujících experimentech byl pro dosažení co nejstabilnějšího a nejefektivnějšího kontaktu textilie vůči lázni a kádince použit nosič tkaniny o průměru 40 mm (Obr.č.11). Nosič byl v kádince umístěn tak, aby textilie, která byla kolem něho ovinuta, neměla dostatečný prostor k pohybu, a tudíž nedocházelo k nerovnoměrnému působení ultrazvuku na textilií.

V této části experimentu byly zpracovány jednotlivé druhy tkanin podle následujících postupů.

4.4.1 Vliv ultrazvuku na stupeň odšlichtování bavlny

Cílem těchto zkoušek bylo zjistit, zda dojde působením ultrazvuku ke zvýšení účinku enzymů na odstranění škrobových šlicht z bavlněné textilie.

4.4.1.1 Testování vlivu amplitudy ultrazvuku na odšlichtování bavlny

Číslo lázně	I.	II.	III.
Diadavin UN [ml.l ⁻¹]	0,5	0,5	0,5
Amplituda [%]	-	10	50

Tab.č.2: Složení a koncentrace přípravků v lázni

Při tomto experimentu byly použity vzorky materiálu ze 100% bavlny se škrobovou šlichtou o hmotnosti 7 g, které byly zpracovány v 80 ml lázni. Lázně číslo II a III byly podrobeny účinku ultrazvuku při teplotě 50°C, kdežto lázeň číslo I byla ponechána při téže teplotě bez ultrazvuku. Tím by se ověřilo, zda samotné působení ultrazvuku naruší škrobovou šlichtu.

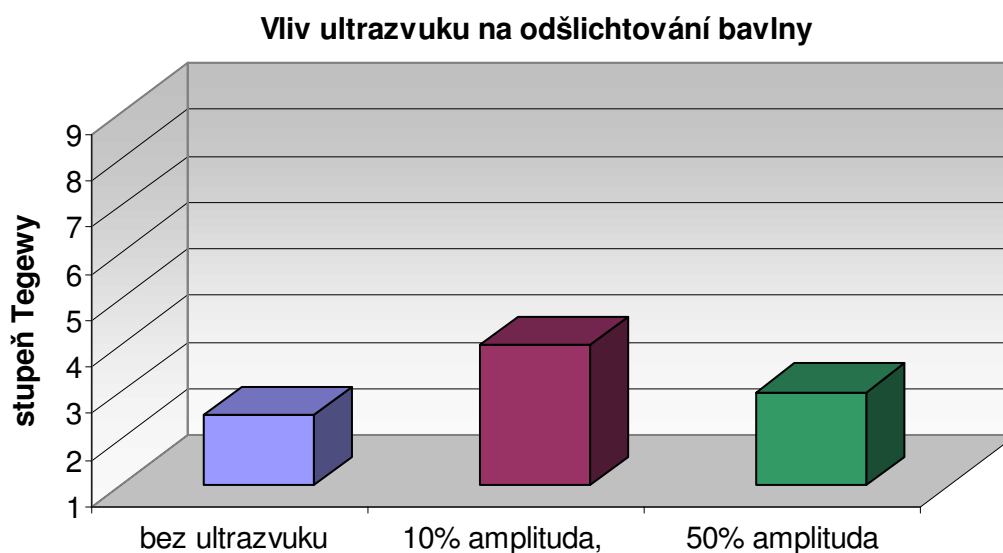
Poté následovalo vyprání materiálu, 2krát v horké vodě a 1krát ve studené vodě, a po sušení v horkovzdušné sušárně při teplotě 95°C byl následně stanoven stupeň odšlichtování (metodou Tegewa).

Parametry pokusu

čas	5 minut,	5 minut
pulzace	ne	ne
amplituda	10%	50%
typ sonotrody	MS 73	

Číslo lázně	I.	II.	III.
Amplituda [%]	-	10	50
Stupeň odšlichtování Tegewa	2 – 3	4	3

Tab.č.3: Hodnoty dosaženého stupně odšlichtování metodou Tegewa



Graf č.2: Vliv ultrazvuku na stupeň odšlichtování bavlny

4.4.1.2 Testování vlivu enzymu na odšlichtování bavlny

Cílem postupu bylo zjistit, zda má enzym s působením ultrazvuku větší vliv na stupeň odšlichtování oproti samotnému enzymu bez ultrazvuku.

Číslo lázně	I.	II.	III.	IV.
Texamyl NS [ml.l ⁻¹]	-	1	1	1
Diadavin UN [ml.l ⁻¹]	0,5	0,5	0,5	0,5
Amplituda [%]	-	-	10	50

Tab.č.4: Složení a koncentrace přípravků v lázni

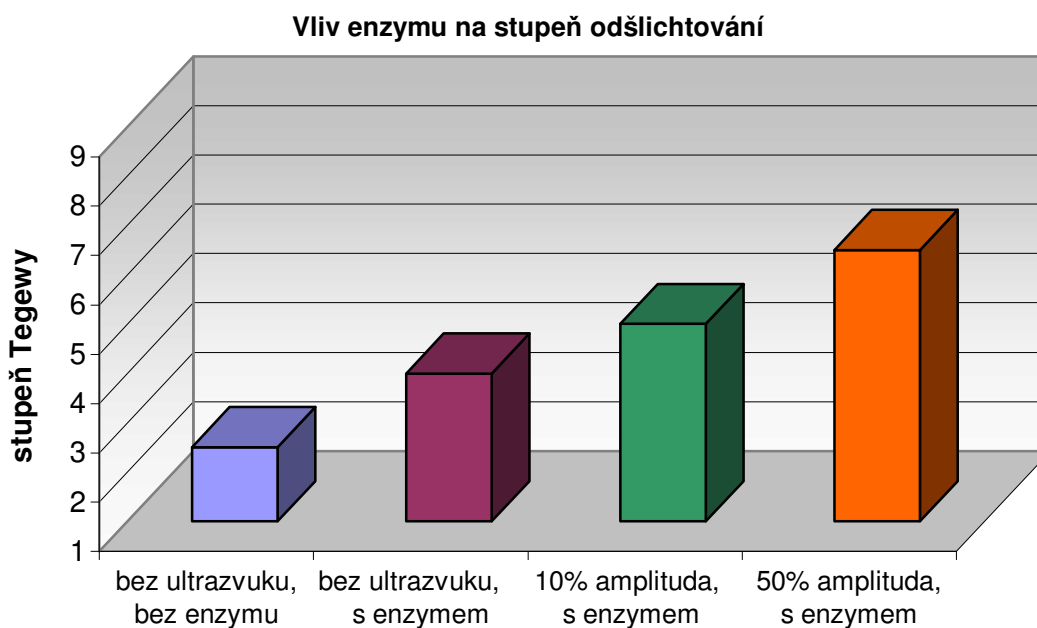
I při tomto experimentu byly použity vzorky textilie ze 100%-ní bavlny se škrobovou šlichtou o hmotnosti 7 g. Postup byl stejný jako u předchozího pokusu, s výjimkou toho, že se kromě lázně č.I všude používal enzymatický přípravek Texamyl NS.

Parametry pokusu

čas	5 minut,	5 minut
pulzace	ne	ne
amplituda	10%	50%
typ sonotrody	MS 73	

Číslo lázně	I.	II.	III.	IV.
Amplituda [%]	-	-	10	10
Stupeň odšlichtování Tegewa	2 – 3	4	5	6 – 7

Tab.č.5: Hodnoty stupně odšlichtování tkaniny metodou Tegewa



Graf č.3: Vliv enzymu a ultrazvuku na stupeň odšlichtování bavlny

4.4.2 Vliv doby působení ultrazvuku na stupeň odšlichtování

V následujícím postupu bylo hlavním cílem zjistit, do jaké míry ovlivňuje doba působení ultrazvuku stupeň odšlichtování.

Číslo lázně	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Texamyl NS [ml.l ⁻¹]	1	1	1	1	1	1	1	1
Diadavin UN [ml.l ⁻¹]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Doba působení ultrazvuku [min]	1	1	5	5	10	10	20	20
Ultrazvuk	ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne

Tab.č.6: Složení a koncentrace přípravků v lázni

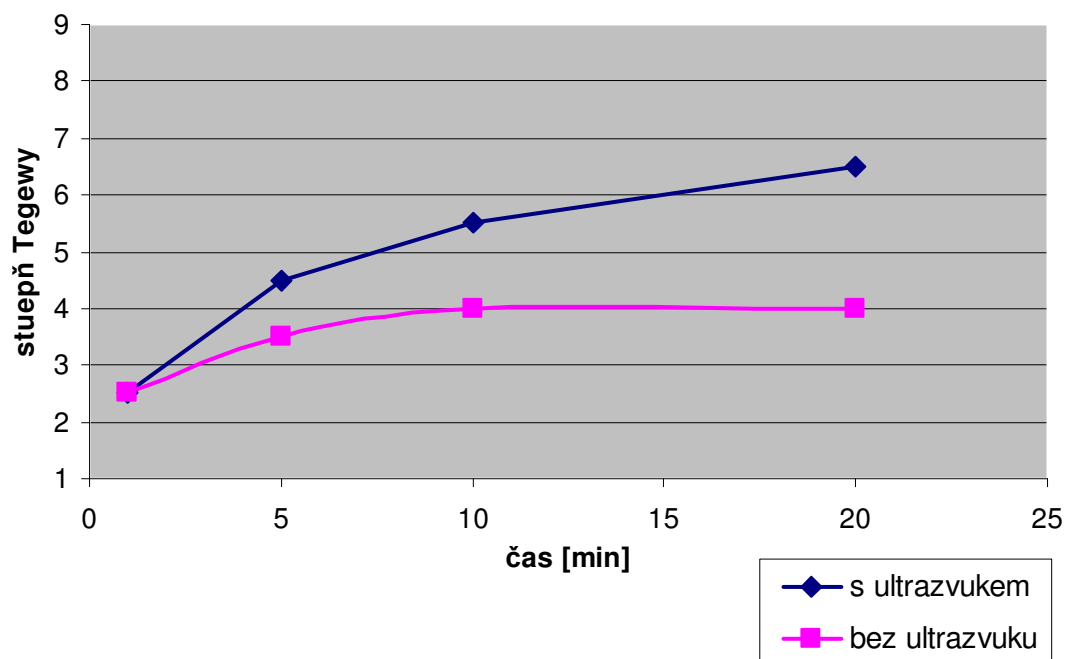
Vzorky ze 100% bavlny se škrobovou šlichtou, o hmotnosti 7 g, byly v tomto experimentu podrobeny účinku ultrazvuku při teplotě 50°C v lázních popsaných v tabulce č. 6, v časech 1, 5, 10 a 20 minut.

Parametry pokusu

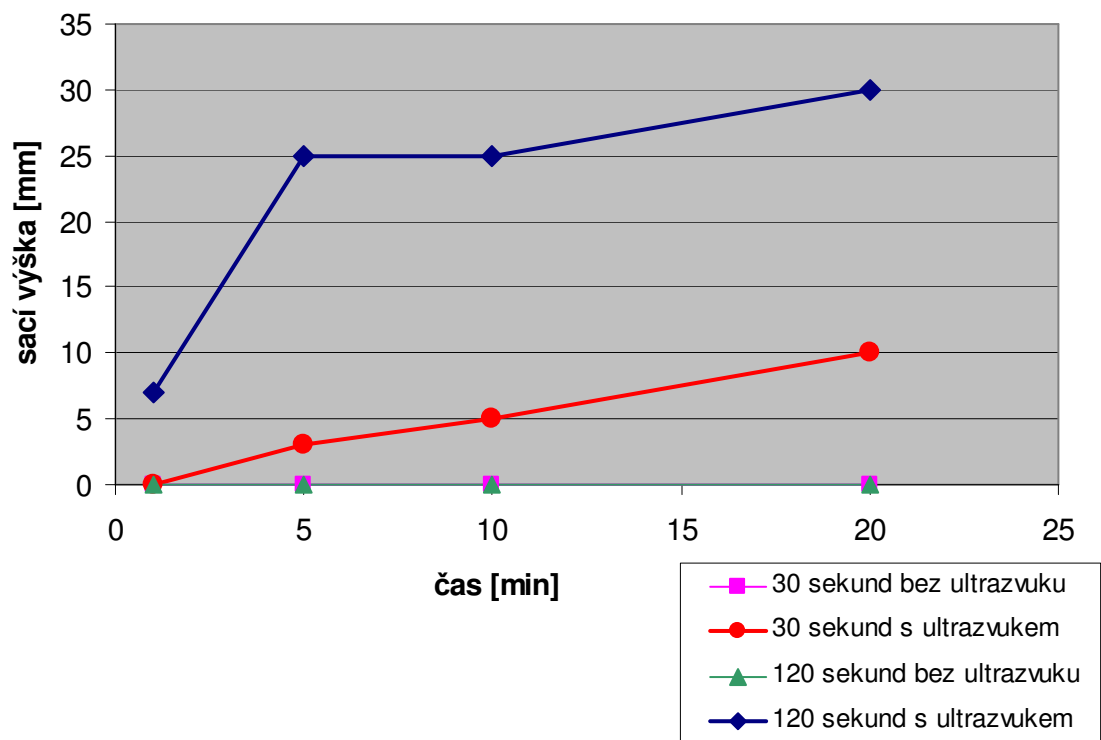
čas 1, 5, 10, 20 minut
pulzace ne
amplituda 50%
typ sonotrody MS 73

Číslo lázně		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Doba působení ultrazvuku [min]		1	1	5	5	10	10	20	20
Ultrazvuk		ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne
Stupeň odšlichtování Tegewa		2 – 3	2 – 3	4 – 5	3 – 4	5 – 6	4	6 – 7	4
Sací výška [mm] ČSN 80 0828	30 s	0	0	3	0	5	0	10	0
	120 s	7	0	25	0	25	0	30	0

Tab.č.7: Hodnoty stupně odšlichtování tkaniny metodou Tegewa a hodnoty stanovené metodou sací výšky



Graf č.4: Porovnání výsledného stupně enzymatického odšlechtování bavlny v závislosti na čase při použití ultrazvuku a bez ultrazvuku



Graf č.5: Grafické znázornění závislosti sací výšky na době vytažení barviva Alizarinová brilantní zeleň G extra

4.4.3 Optimalizace podmínek odšlichtování klasickou amylázou v kombinaci s ultrazvukem

Cílem tohoto experimentu bylo najít optimální amplitudu ultrazvukových vln (porovnávány byly amplitudy 10% a 40%), dále bylo cílem najít optimální dobu a teplotu odšlichtování. Při teplotách 20 °C, 35 °C a 65 °C byly porovnávány doby odšlichtování 5 min a 10 min. U teploty 50 °C, která je pro aktivitu amylázy Texamylu NS dle dokumentace optimální, byla otestována širší časová řada: 1 min, 5 min, 10 min a 20 min.

Teplota: 20 °C	I.	II.	III.	IV.
Diadavin UN [g.l ⁻¹]	0,5	0,5	0,5	0,5
Texamyl NS [g.l ⁻¹]	1	1	1	1
Amplituda [%]	10	10	40	40
Čas [min]	5	10	5	10

Teplota: 35 °C	I.	II.	III.	IV.
Diadavin UN [g.l ⁻¹]	0,5	0,5	0,5	0,5
Texamyl NS [g.l ⁻¹]	1	1	1	1
Amplituda [%]	10	10	40	40
Čas [min]	5	10	5	10

Teplota: 50 °C	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Diadavin UN [g.l ⁻¹]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Texamyl NS [g.l ⁻¹]	1	1	1	1	1	1	1	1
Amplituda [%]	10	10	10	10	40	40	40	40
Čas [min]	1	5	10	20	1	5	10	20

Teplota: 65 °C	I.	II.	III.	IV.
Diadavin UN [g.l ⁻¹]	0,5	0,5	0,5	0,5
Texamyl NS [g.l ⁻¹]	1	1	1	1
Amplituda [%]	10	10	40	40
Čas [min]	5	10	5	10

Tab.č.8,9,10,11: Složení a koncentrace přípravků v lázni při teplotách 20 °C, 35 °C, 50 °C a 65 °C

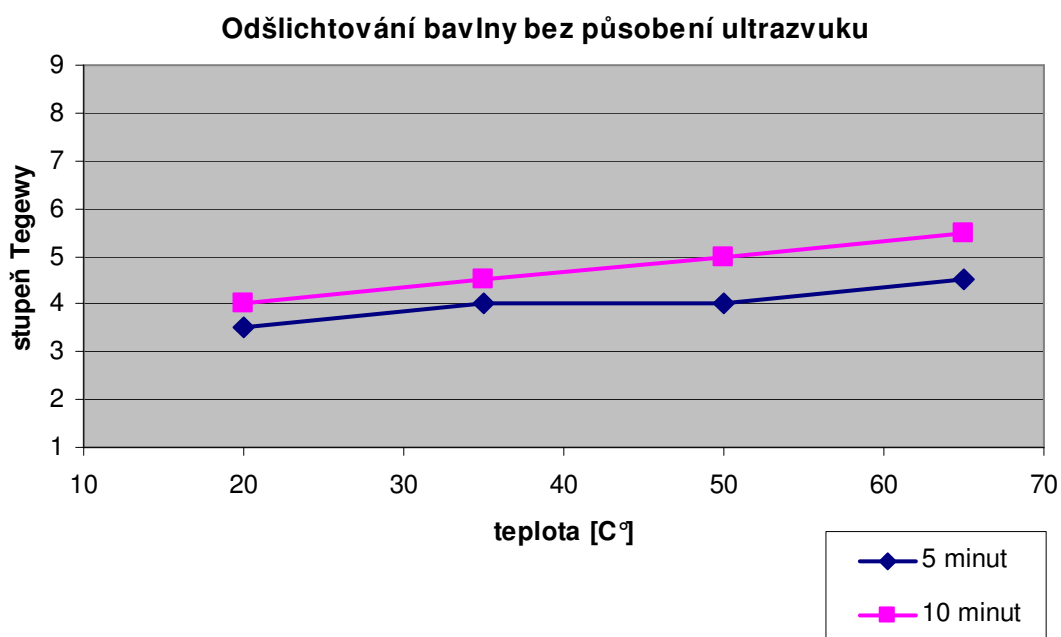
Při těchto zkouškách byly použity vzorky materiálu ze 100% bavlny se škrobovou šlichtou o hmotnosti 5 g, které byly zpracovány v lázních obsahujících přípravky z tabulek č. 8, 9, 10, 11.

Parametry pokusu

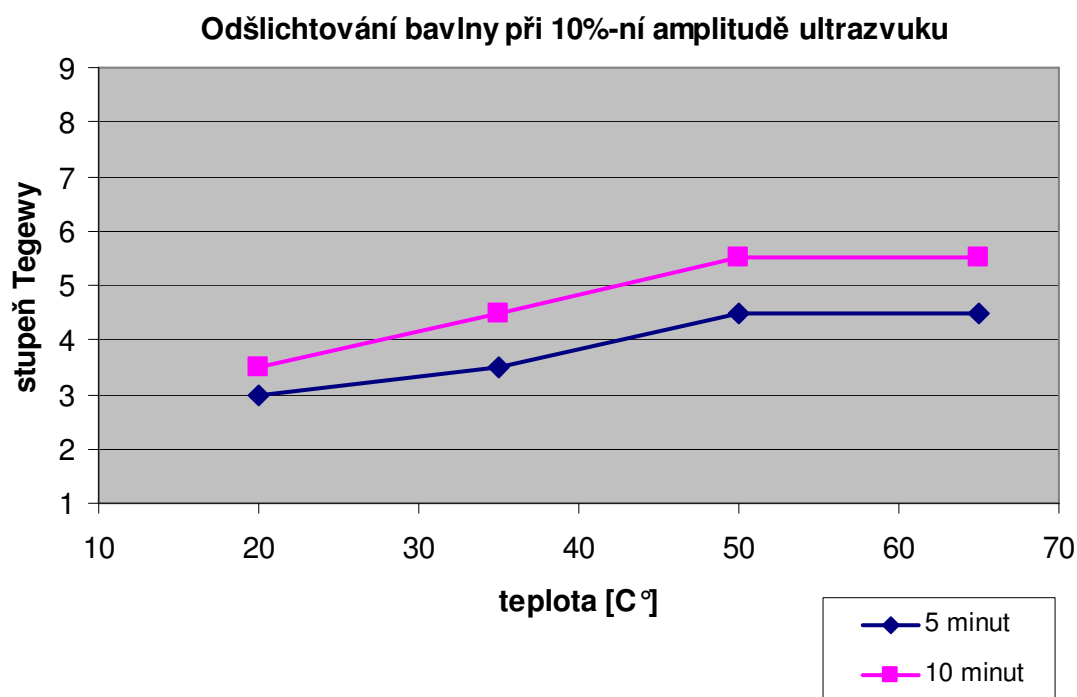
čas 1, 5, 10, 20 minut
 pulzace ne
 amplituda 10%, 40%
 typ sonotrody MS 73

Amplituda	Doba působení ultrazvuku	20°C	35°C	50°C	65°C
10%	1 minuta	-	-	4	-
	5 minut	3	3 - 4	4 - 5	4 - 5
	10 minut	3 - 4	4 - 5	5 - 6	5 - 6
	20 minut	-	-	5 - 6	-
40%	1 minuta	-	-	3 - 4	-
	5 minut	3 - 4	3 - 4	4 - 5	4 - 5
	10 minut	4	3 - 4	4 - 5	5
	20 minut	-	-	5	-
Bez ultrazvuku	1 minuta	-	-	3	-
	5 minut	3 - 4	4	4	4 - 5
	10 minut	4	4 - 5	5	5 - 6
	20 minut	-	-	5 - 6	-

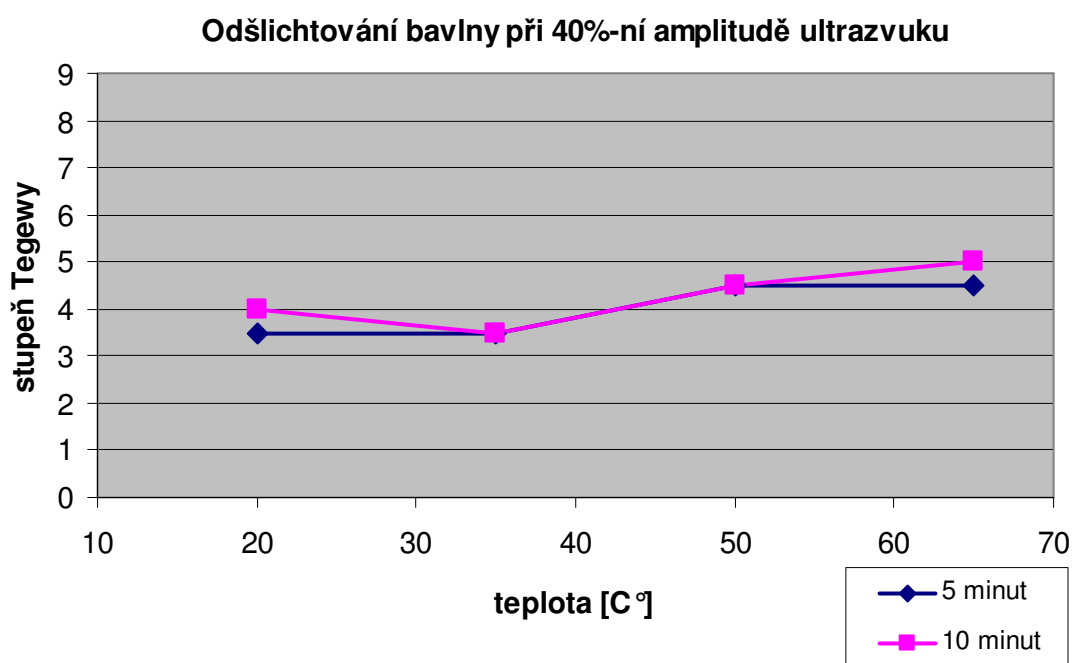
Tab.č.12: Hodnoty stupně odšlichtování (Tegewa) v závislosti na teplotě, času a použité amplitudě



Graf č.6: Závislost stupně odšlichtování klasickou amylázou na teplotě, bez působení ultrazvuku



Graf č.7: Závislost stupně odšlichtování klasickou amylázou na teplotě, při 10%-ní amplitudě ultrazvuku



Graf č.8: Závislost stupně odšlichtování klasickou amylázou na teplotě, při 40%-ní amplitudě ultrazvuku

4.4.4 Odšlichtování bavlněného materiálu termostabilní amylázou v kombinaci s ultrazvukem

Cílem těchto zkoušek bylo zjistit, zda by nebylo možno intenzifikovat odšlichtování termostabilní amylázou prováděné při nižší teplotě, než je teplota pro tento enzym optimální (90 °C). Tím by se docílilo snížení nákladů na ohřev.

Teplota: 60 °C	I.	II.	III.	IV.
Diadavin UN [g.l ⁻¹]	0,5	0,5	0,5	0,5
Texamyl BL [g.l ⁻¹]	1	1	1	1
Amplituda [%]	10	10	40	40
Čas [min]	5	10	5	10

Teplota: 75 °C	I.	II.	III.	IV.
Diadavin UN [g.l ⁻¹]	0,5	0,5	0,5	0,5
Texamyl BL [g.l ⁻¹]	1	1	1	1
Amplituda [%]	10	10	40	40
Čas [min]	5	10	5	10

Teplota: 90 °C	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Diadavin UN [g.l ⁻¹]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Texamyl BL [g.l ⁻¹]	1	1	1	1	1	1	1	1
Amplituda [%]	10	10	10	10	40	40	40	40
Čas [min]	1	5	10	20	1	5	10	20

Tab.č.13,14,15: Složení a koncentrace přípravků v lázni při teplotách 60 °C, 75 °C, a 90 °C

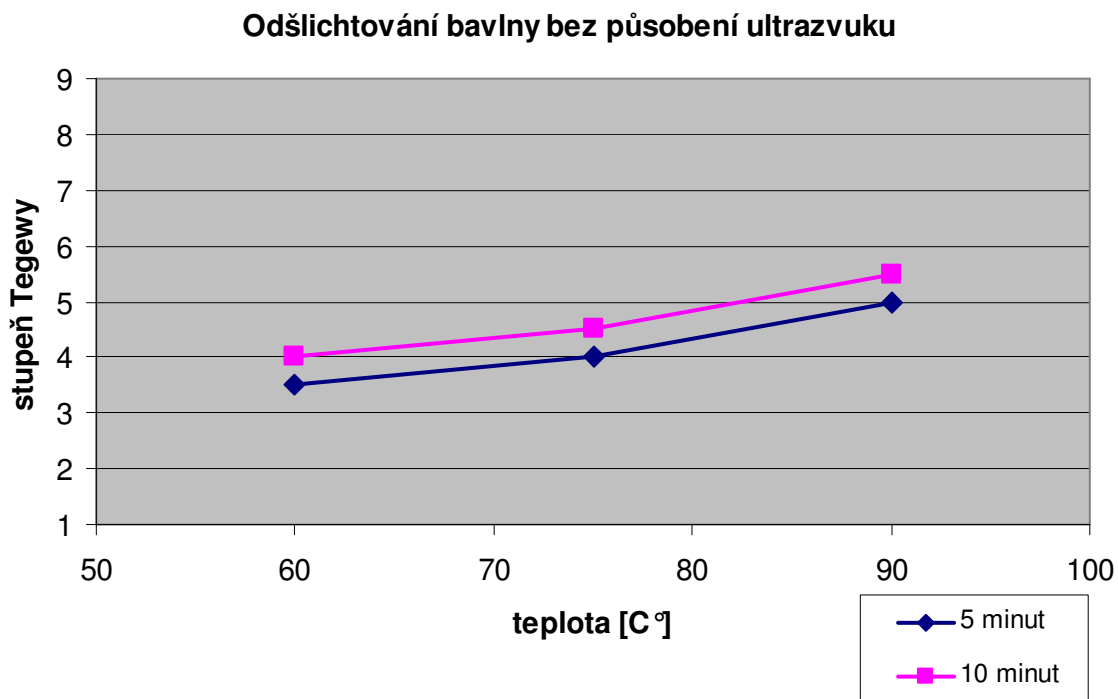
Při těchto zkouškách byly použity vzorky materiálu ze 100% bavlny se škrobovou šlichtou o hmotnosti 5 g, které byly zpracovány v lázních obsahujících přípravky z tabulek č. 13,14,15.

Parametry pokusu

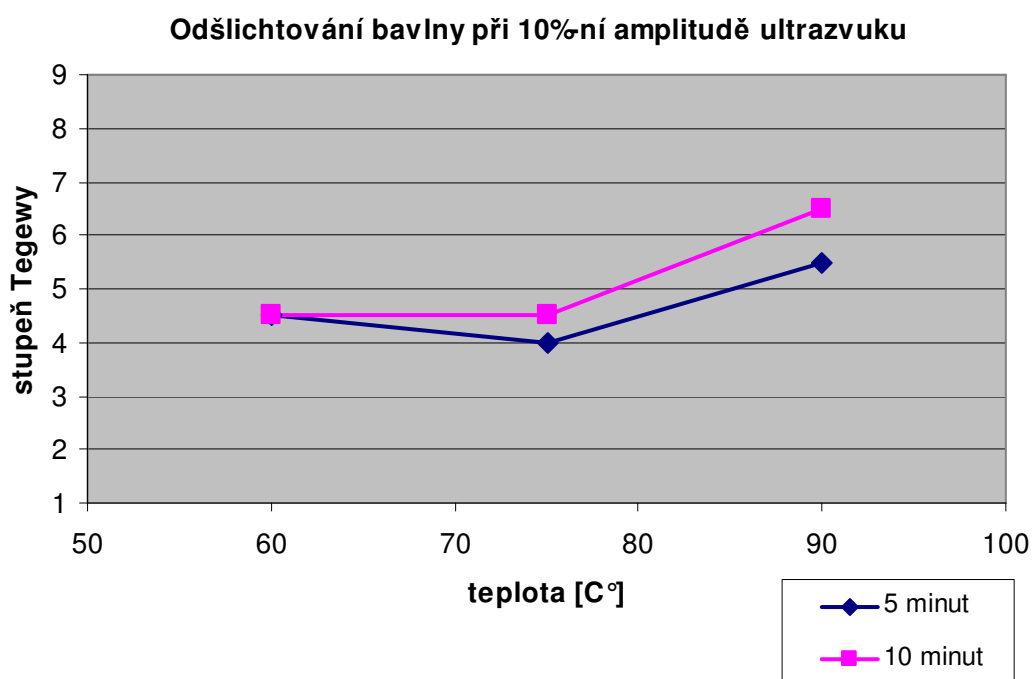
čas 1, 5, 10, 20 minut
pulzace ne
amplituda 10%, 40%
typ sonotrody MS 73

Amplituda	Doba působení ultrazvuku	60°C	75°C	90°C
10%	1 minuta	-	-	4
	5 minut	4 – 5	4	5 – 6
	10 minut	4 – 5	4 – 5	6 – 7
	20 minut	-	-	7
40%	1 minuta	-	-	3 – 4
	5 minut	3 – 4	4	4 – 5
	10 minut	4 – 5	4 – 5	5 – 6
	20 minut	-	-	5 – 6
Bez ultrazvuku	1 minuta	-	-	4
	5 minut	3 – 4	4	5
	10 minut	4	4 – 5	5 – 6
	20 minut	-	-	6

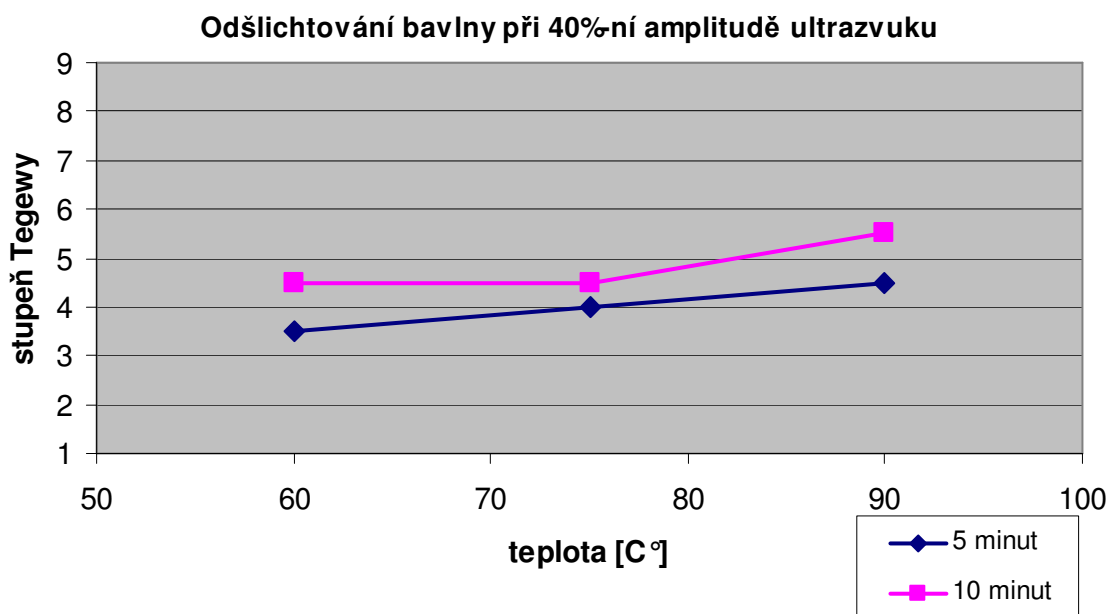
Tab.16: Hodnoty stupně odšlichtování (Tegewa) v závislosti na teplotě, času a použité amplitudě



Graf č.9: Závislost stupně odšlichtování termostabilní amylázou na teplotě, bez působení ultrazvuku



Graf č.10: Závislost stupně odšlichtování termostabilní amylázou na teplotě, při 10%-ní amplitudě ultrazvuku



Graf č.11: Závislost stupně odšlichtování termostabilní amylázou na teplotě, při 40%-ní amplitudě ultrazvuku

4.4.5 Vliv ultrazvuku na enzymatickou předúpravu bavlny alkalickou pektinázou

Hlavním cílem této zkoušky bylo ověření možnosti, zda se pomocí ultrazvuku zvýší absorptivita bavlněného materiálu při enzymatické úpravě.

K předúpravě bavlněného úpletu byla použita alkalická pektináza Texazym SC určená pro selektivní odstranění pektinu z primární stěny bavlněného vlákna bez narušení celulóзовého vlákna.

Číslo lázně	I.	II.	III.	IV.
Diadavin UN [g.l ⁻¹]	0,5	0,5	0,5	0,5
Stabilizátor 709 [g.l ⁻¹]	2	2	2	2
Borax [g.l ⁻¹]	0,5	0,5	0,5	0,5
Texazym SC [ml.l ⁻¹]	-	2	-	2
Ultrazvuk	ne	ne	ano	ano

Tab.č.17: Složení a koncentrace přípravků v lázni

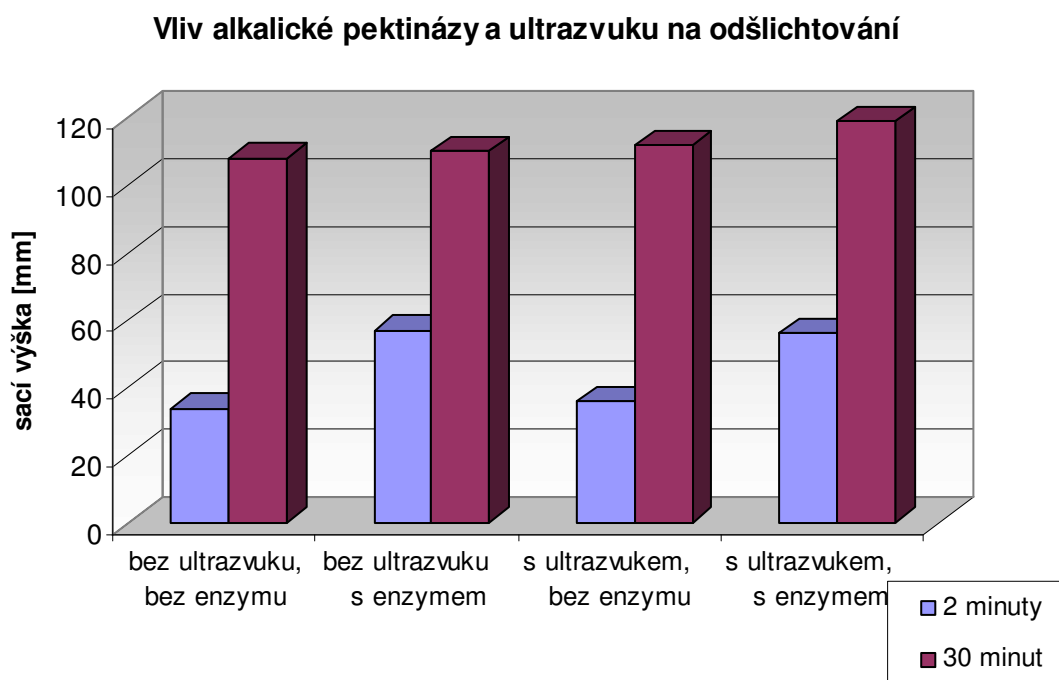
Dva vzorky bavlněného úpletu o hmotnosti 7 g, byly vystaveny ultrazvukovému vlnění při teplotě 60°C, další dva vzorky bavlny byly ponechány při téže teplotě bez působení ultrazvuku. Po tomto postupu byla provedena emulgace všech čtyř textilií ve vodní lázni po dobu 10 minut při teplotě 80°C. Po emulgaci následovalo praní v horké vodě a sušení při teplotě 90°C.

Parametry pokusu

čas 15 minut
pulzace ne
amplituda 25%
typ sonotrody MS 73

Číslo lázně		I.	II.	III.	IV.
Ultrazvuk		ne	ne	ano	ano
Sací výška [mm] ČSN 80 0828	2 min	34	57	36	56
	30 min	108	110	112	119

Tab.č.18: Hodnoty stanovené metodou sací výšky při použití ultrazvuku a bez ultrazvuku



Graf č.12: Grafické znázornění sací výšky v závislosti na enzymu a ultrazvuku

4.4.6 Vliv ultrazvuku na výsledky peroxidového bělení

Cílem tohoto postupu bylo ověřit působení kavitačního jevu ve vznikajících pozorovatelných bublinkách, kdy podle literatury dochází ke vzniku reaktivních (hydroxylových) radikálů schopných rušit chemické vazby a k aktivaci peroxidu v důsledku lokálního prudkého zvýšení teploty (teplota lázně zůstává nižší).

Číslo lázně	I.	II.	III.	IV.
Diadavin UN [g.l ⁻¹]	0,5	0,5	0,5	0,5
Tannex GEO [g.l ⁻¹]	1	1	1	1
NaOH [g.l ⁻¹]	2	2	2	2
H ₂ O ₂ 35% [ml.l ⁻¹]	5	5	5	5
Ultrazvuk	ne	ano	ne	ano
	60°C, 20 minut		80°C, 10 minut	

Tab.č.19: Složení a koncentrace přípravků, teplotní a časové podmínky pro působení ultrazvuku v lázni

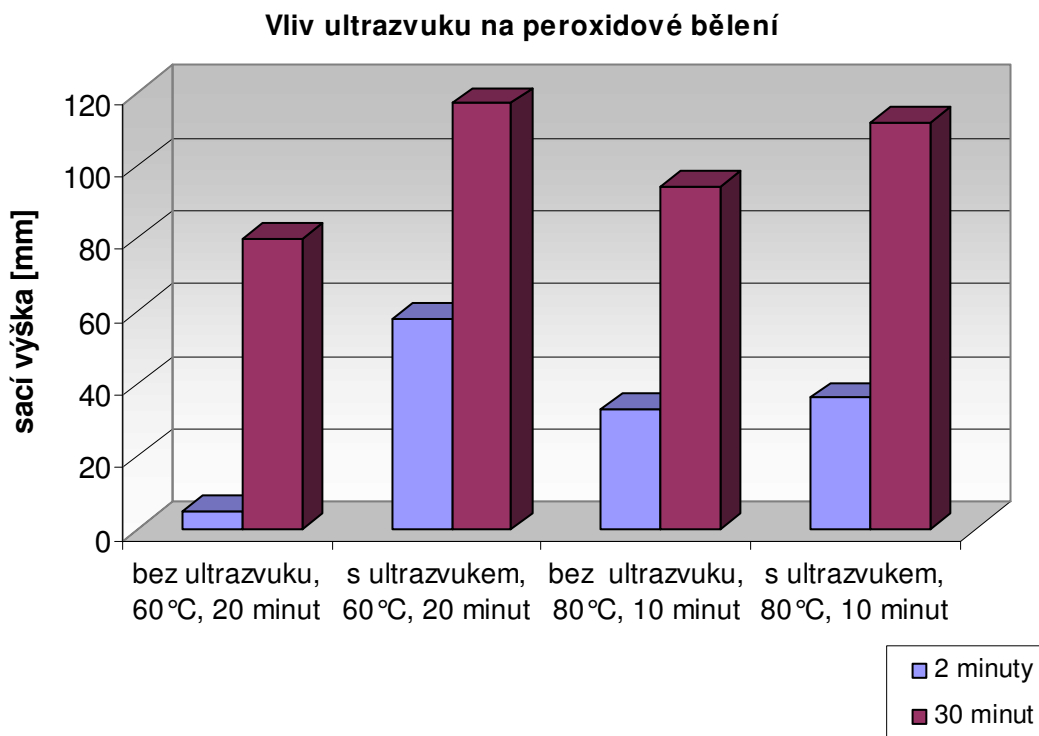
Vzorky ze 100% bavlny (žebrový úplet), o hmotnosti 5 g, byly při těchto zkouškách podrobeny účinku ultrazvuku v lázních, popsanych v tabulce č.19 při teplotě 60°C po dobu 20 minut a při teplotě 80°C po dobu 80 minut.

Parametry pokusu

čas	20 minut,	10 minut
pulzace	ne	ne
amplituda	40%	60%
typ sonotrody	MS 73	

Číslo lázně		I.	II.	III.	IV.
Ultrazvuk		ne	ano	ne	ano
Běl (Bergerová) ČSN 105-J02		33,6	36,7	45	43,9
Sací výška [mm] ČSN 80 0828	2 min	5	58	33	36
	30 min	80	117	94	112

Tab.č.20: Hodnoty stanovené metodou sací výšky a stupeň běli (Bergerová) při použití ultrazvuku a bez ultrazvuku



Graf č.13: Graf znázorňující hodnoty savosti v závislosti na době a použití ultrazvuku a na teplotě lázně

4.4.7 Intenzifikace enzymové hydrofilizace polyesteru ultrazvukem

Cílem zkoušek aplikace ultrazvuku bylo zintenzivnění efektu enzymatické modifikace, tedy dalšího zvýšení savosti a antistatických vlastností, resp. barvitelnosti reaktivními barvivy. Jako testovaný materiál byl použit 100%-ní PES (termicky fixované plátno) o hmotnosti 5 g. Teplota všech lázní (ultrazvukovaných i lázní bez působení ultrazvuku) byla 30°C.

Číslo lázně	I.	II.	III.	IV.
Texazym PES [ml.l ⁻¹]	-	2	-	2
Kys. octová [ml.l ⁻¹]	-	1	-	1
Ultrazvuk	ne	ne	ano	ano

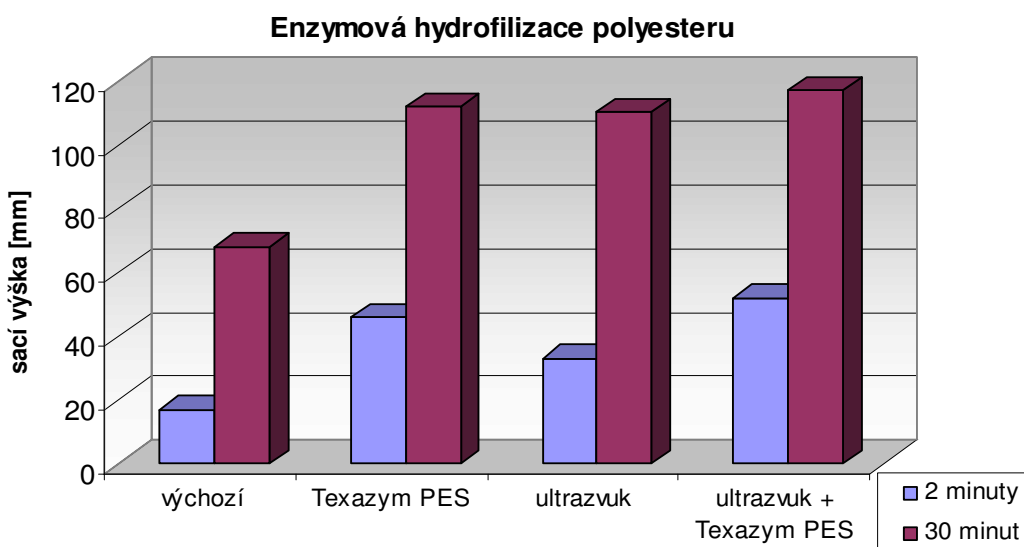
Tab.č.21: Složení a koncentrace přípravků v lázni

Parametry pokusu

čas 15 minut,
pulzace ne
amplituda 40%
typ sonotrody MS 73

Číslo lázně		I.	II.	III.	IV.
Ultrazvuk		ne	ne	ano	ano
Sací výška [mm]	2 min	17	46	33	52
ČSN 80 0828	30 min	68	112	110	117

Tab.č.22: Hodnoty stanovené metodou sací výšky při použití ultrazvuku a bez ultrazvuku



Graf č.14 : Graf znázorňující hodnoty savosti v závislosti na době a použití ultrazvuku a na použití enzymu

PES materiál byl poté barven reaktivním barvivem Sumifix HF Blue BG při teplotě 70°C. Barvicí lázeň obsahující:

1% Sumifix HF Blue BG

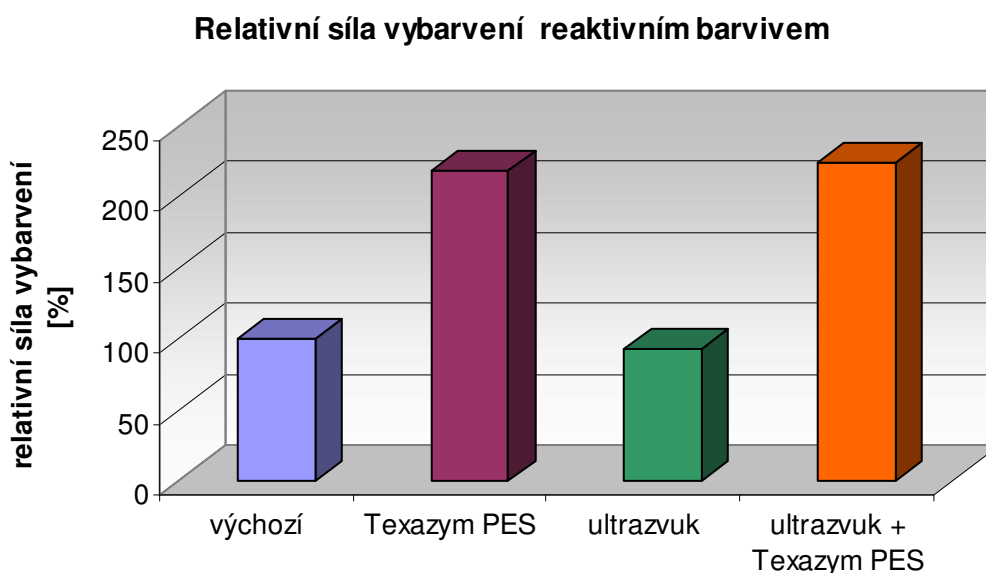
50 g.l⁻¹ NaCl

20 g.l⁻¹ Na₂CO₃

Následné mydlení Syntaponem ABA probíhalo při teplotě 98°C po dobu 15 minut.

	Výchozí materiál	Enzym	Ultrazvuk	Enzym + ultrazvuk
Rel. síla vybarvení [%]	100	218	93	224

Tab.č.23: Hodnoty relativní sytosti reaktivního vybarvení polyesteru



Graf 15: Grafické znázornění relativní sytosti reaktivního vybarvení polyesteru po zpracování ultrazvukem a enzymem

4.4.8 Další zkoušky enzymatické modifikace polyesteru v kombinaci s působením ultrazvuku

K modifikaci polyesterového substrátu se osvědčily enzymové preparáty s esterázovou aktivitou Texazym PES a Texazym EM. Jejich aplikací dochází ke zvýšení hydrofility vlákna. Vznik hydroxylových (a karboxylových) skupin v důsledku rozštěpení estrové vazby lze prokázat barvením reaktivními barvivy.

Hlavním cílem těchto zkoušek bylo porovnání vlivu ultrazvuku u dvou enzymatických prostředků Texazymu PES a Texazymu EM.

Číslo lázně	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Texazym PES [ml.l ⁻¹]	-	-	2	2	-	-
Texazym EM [ml.l ⁻¹]	-	-	-	-	2	2
Kys. octová [ml.l ⁻¹]	-	-	1	1	1	1
Ultrazvuk	ne	ano	ne	ano	ne	ano

Tab.č.24: Složení a koncentrace přípravků v lázni

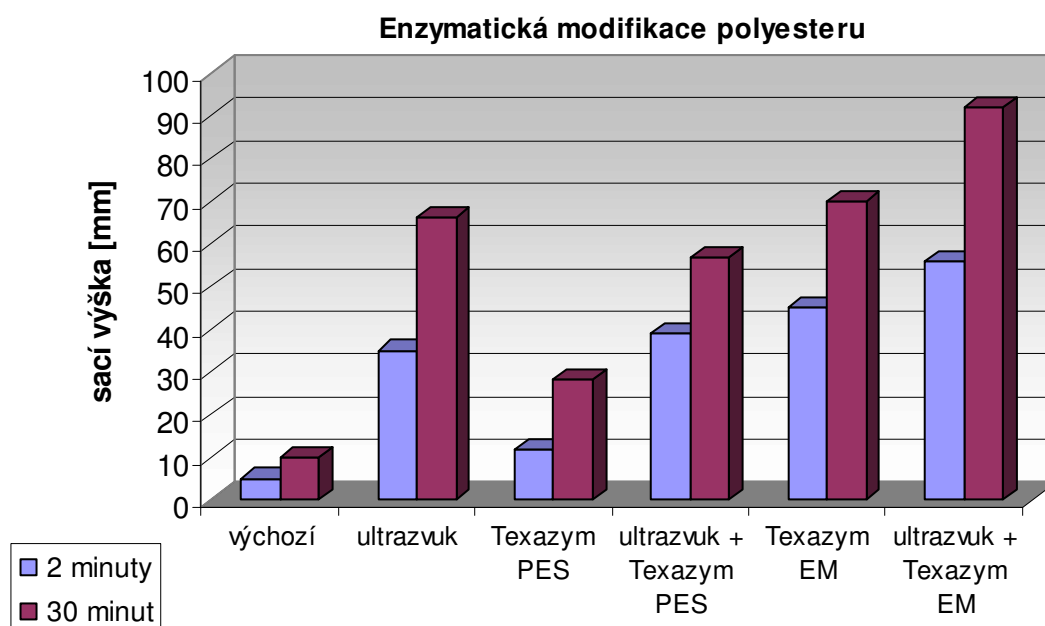
Při tomto experimentu byly použity vzorky materiálu ze 100%-ního polyesterového materiálu (úplet) o hmotnosti 5 g, které byly zpracovány v 80 ml lázni při teplotě 40°C.

Parametry pokusu

čas 15 minut,
pulzace ne
amplituda 50%
typ sonotrody MS 73

Číslo lázně		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Ultrazvuk		ne	ano	ne	ano	ne	ne
Sací výška [mm] ČSN 80 0828	2 min	5	35	12	39	45	56
	30 min	10	66	28	57	70	92

Tab.č.25: Hodnoty stanovené metodou sací výšky při použití ultrazvuku a bez ultrazvuku



Graf č.16: Sací výška polyesteru po zpracování ultrazvukem a enzymem. Porovnání dvou enzymatických prostředků: Texazym PES a Texazym EM

PES materiál byl poté barven reaktivním barvivem Sumifix HF Blue BG při teplotě 70°C. Barvicí lázeň obsahující:

1% Sumifix HF Blue BG

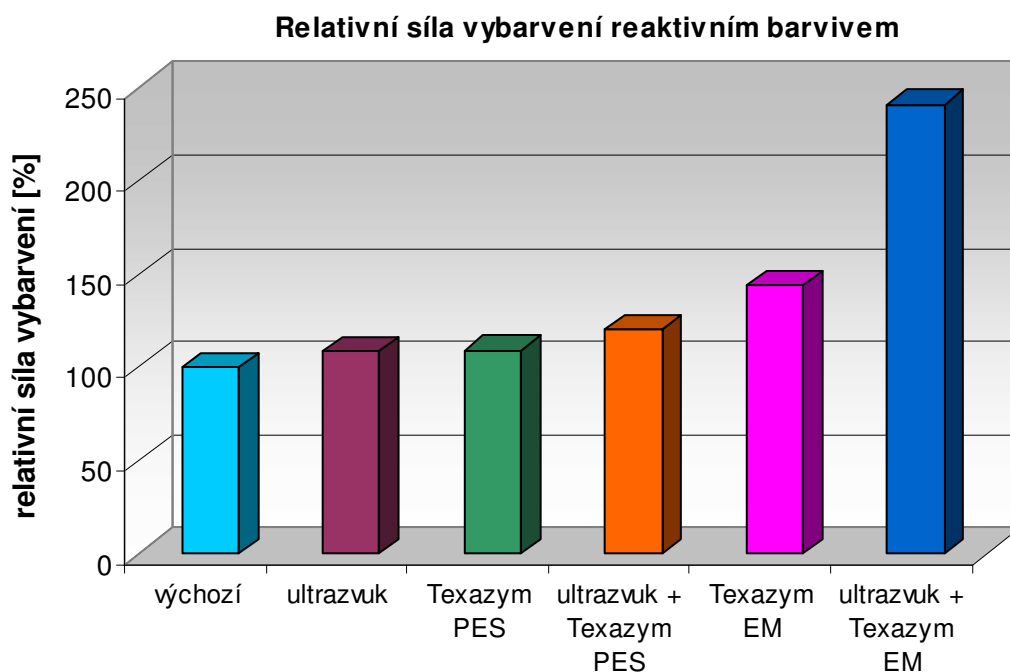
50 g.l⁻¹ NaCl

20 g.l⁻¹ Na₂CO₃

Následné mydlení Syntaponem ABA probíhalo při teplotě 98°C po dobu 15 minut.

Číslo lázně	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Relat. síla vybarvení [%]	100	108	109	120	144	241

Tab.č.26: Hodnoty relativní sytosti reaktivního vybarvení polyesteru



Graf č. 17: Relativní sytost reaktivního vybarvení polyesteru po zpracování ultrazvukem a enzymem. Porovnání dvou enzymatických prostředků: Texazym PES a Texazym EM

4.5 Vliv ultrazvuku na předúpravu – Diskuse výsledků

Vliv amplitudy ultrazvuku na stupeň odšlichtování bavlny

- z výsledných hodnot uvedených v tabulce č.3 vyplývá, že ultrazvuk má sám o sobě vliv na stupeň odšlichtování. U pokusů byla testována hodnota (rozsah) amplitudy 10% a 40%. U vyšší amplitudy se neprokázal pozitivní vliv na odšlichtování, naopak došlo k poklesu o jeden stupeň.
- při aplikaci s enzymem bylo dosaženo pozitivního účinku ultrazvuku na průběh odšlichtování. Pokusy s enzymem a ultrazvukem byly o 2,5 až 4 stupně (Tegewa) lepší v porovnání se slepým pokusem.

Vliv doby působení ultrazvuku na stupeň odšlichtování

- zvyšování doby působení ultrazvuku vede ke značnému zvýšení stupně odšlichtování hodnoceného metodou Tegewa. Tento pozitivní výsledek dokládají i hodnoty stanovené metodou sací výšky (tab.č.7), kde bylo dosaženo výrazně lepších efektů než bez ultrazvuku.

Optimalizace podmínek odšlichtování klasickou a termostabilní amylázou v kombinaci s působením ultrazvuku

- u obou postupů je zřejmé, že se stoupající teplotou a dobou stoupal stupeň odšlichtování, nejvyšší hodnoty bylo dosaženo při teplotách, které odpovídají teplotám optimální aktivity enzymu (u klasické amylázy 50°C, u termostabilní 90°C). U klasické amylázy se docílilo pozitivních výsledků i u vyšší teploty, než je pro tento enzym dle literatury optimální.
- naopak zhoršení výsledků se projevilo v obou případech u vyšší amplitudy ultrazvuku (40%), v porovnání se stupněm odšlichtování dosaženého při nižší amplitudě (10%). V případě vyšší amplitudy (40%) překračuje intenzita ultrazvuku za podmínek pokusu hranici, kdy dochází k poškození relativně citlivých enzymů. Lze předpokládat, že hlavní vliv na tomto procesu má lokální zvyšování teploty a mechanické účinky ultrazvukových vln.

Vliv ultrazvuku na enzymatickou předúpravu bavlny alkalickou pektinázou

- u zkoušky na ověření možnosti zvýšení absorptivity bavlněného vlákna využitím ultrazvuku při enzymatické předúpravě působením alkalické pektinázy, byla prokázána zvýšená savost předupraveného materiálu, vliv ultrazvuku se však v tomto případě ani opakovaně neprokázal.

Vliv ultrazvuku na výsledky peroxidového bělení

- při působení ultrazvuku bylo zjištěno jen nepatrné zlepšení běli. Pro tento efekt, jak je v literatuře zdůrazněno, je třeba použít ultrazvuk optimální frekvence dané soustavou zařízení, tkaniny a použitou teplotou, jinak hrozí nežádoucí rozklad peroxidu vodíku. Vyřešení tohoto tématu předpokládá provedení série většího počtu zkoušek.

- i v tomto případě bylo prokázáno zvýšení hydrofility (savosti) zkoušeného materiálu.

Intenzifikace enzymové hydrofilizace polyesteru ultrazvukem

- jak vyplývá z tabulky č.22, po aplikaci enzymového přípravku Texazym EM dochází ke zvýšení savosti polyesterového materiálu. Kombinací působení enzymu a ultrazvuku došlo pouze k mírnému zlepšení savosti, oproti vzorku zpracovanému pouze enzymem.

- u sytosti vybarvení reaktivním barvivem nebyly zjištěny při použití ultrazvuku podstatné změny.

Další zkoušky enzymatické modifikace polyesteru v kombinaci s působením ultrazvuku

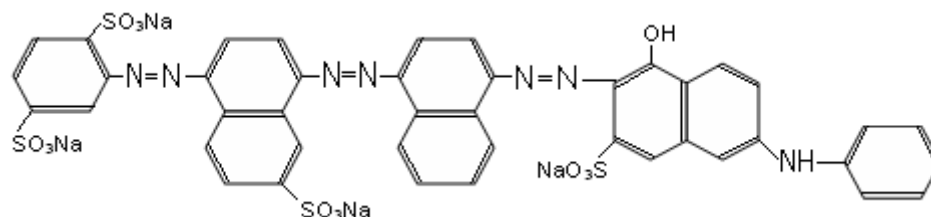
- tento test prokazuje výrazné zlepšení hydrofility u lázní, které byly podrobeny ultrazvuku. Podstatného zvýšení bylo dosaženo u lázně č.II, která byla podrobena ultrazvuku i bez působení enzymů. Co se týče porovnání působení enzymů, pozitivnější jsou výsledky Texazymu EM, u kterého byla savost výrazně vyšší, a to i bez působení ultrazvuku. Tyto výsledky potvrdily i hodnoty relativní sytosti vybarvení reaktivním barvivem.

5 Vliv ultrazvuku na barvení textilií

5.1 Charakteristika použitých barviv

V této práci byla použita barviva:

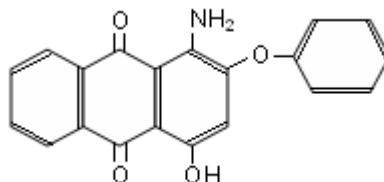
a) **přímé barvivo Saturnová modř L4G** (C.I. DIRECT BLUE 78)



Obr.č.15: Vzorec přímého barviva Saturnová modř L4G

Jde o barvivo s poměrně malou molekulou, proto rychleji difunduje i za velmi nízkých teplot. Vykazuje dobré egalizační a migrační vlastnosti [37].

b) **disperzní barvivo Ostacetová brilantní červeň E-LB**
(C.I. DISPERSE RED 60)



Obr.č.16: Vzorec disperzního barviva Ostacetová brilantní červeň E-LB [38]

c) **reaktivní barvivo Ryvalonová červeň 2B** (C.I. REACTIVE RED 227)

5.2 Charakteristika použitého materiálu

- 100%-ní bavlna

Jemnost – osnova: 35,5 tex

– útek: 50 tex

Plošná hmotnost: 230 g.m⁻²

- 97%- ní PAD + 3%-ní elastan

Plošná hmotnost: 60,02 g.m⁻²

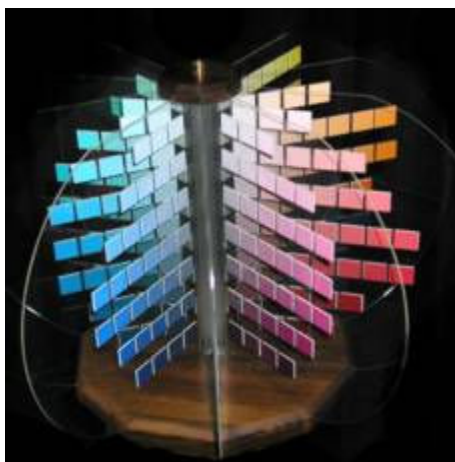
5.3 Charakteristika použitých přípravků

Spolion 8 (Altaran S8)	- smáčecí přípravek, vodní roztok sodné soli esteru kyseliny sulfojantarové, anionaktivní, - výrobce: Chemotex, Děčín, a.s.
Slovaton O	- egalizační a dispergační přípravek, neionogenní viskózní žlutá kapalina, - výrobce: Nováky, Slovenská republika

5.4 Metody hodnocení výsledků – Měření barevnosti

Měření barevné difference v prostoru CIELAB [36],[39]

CIELAB představuje systém, který je založen na transformaci Munsellova atlasu. Munsellův systém představuje těleso, které obsahuje 960 barev



rozdělených do 40 map, se třemi osami: jas – value, odstín – hue a sytost – chroma (Obr.č.17). Každá barva je identifikována třemi symboly: první označuje odstín, druhý vyjadřuje jas a třetí definuje sytost.

Obr.č.17: Těleso Munsellova atlasu

CIELAB (CIE 1976 L^*, a^*, b^*)

Základní transformační rovnice systému CIELAB pro pravoúhlé souřadnice jsou dány vztahy:[36]

$$L^* = 116(Y/Y_0)^{1/3} - 16 \quad (13)$$

$$a^* = 500[(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}] \quad (14)$$

$$b^* = 200[(Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)^{1/3}] \quad (15)$$

X,Y,Z jsou trichromatické hodnoty vzorku. X_0 , Y_0 , Z_0 jsou trichromatické hodnoty normalizovaného světla použitého pro výpočet (např. D65, A, TL84) upravené tak, aby pro dokonale difúzně rozptylující povrch byla hodnota $Y_0 = 100,00$.

Celková barevná difference, někdy také označovaná jako totální barevná difference ΔE^* , je mírou velikosti barevného rozdílu mezi předlohou a vzorkem, a vypočítá se podle následující rovnice:[36]

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (16)$$

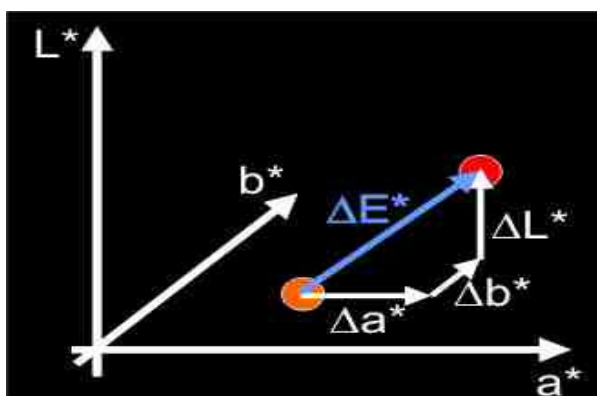
ΔE^* vyjádřené pomocí pravoúhlých souřadnic (CIELAB):

$$\Delta L^* = L^*_{\text{vzorku}} - L^*_{\text{předlohy}} \quad (16a)$$

$$\Delta a^* = a^*_{\text{vzorku}} - a^*_{\text{předlohy}} \quad (16b)$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{vzorku}} - b^*_{\text{předlohy}}, \quad (16c)$$

kde ΔL^* je jasová odchylka Δa^* a Δb^* znázorňují rozdíly pozic v $a^* b^*$ diagramu.



Obr.č.18: Vyjádření barevné difference mezi předlohou a vzorkem

Jak již bylo řečeno, je ΔE^* mírou velikosti barevného rozdílu mezi předlohou a vzorkem, nemůžeme však indikovat povahu této difference. Tuto dodatečnou informaci poskytuje rozdělení totální barevné odchylky do tří složek, tu můžeme v CIELAB prostoru vyjadřovat dvěma způsoby - pomocí pravoúhlých souřadnic a nebo druhou možností je vyjadřování barevných diferencí v cylindrických souřadnicích.

Postup zkoušky podle normy ČSN 105-J01 [40]

- odeberou se a připraví zkušební vzorky, přičemž se dbá na každé speciální vzorkování při odběru vzorků. Tyto zkušební vzorky se zprůměrují pro vytvoření jedné hodnoty měření;
- přístroj se kalibruje – kalibrace spočívá v měření čistého, bílého povrchu se známými remisními faktory a ve výpočtu korekčních faktorů (přes

- počítačový program), které se potom použijí pro následující měření. Některé přístroje vyžadují černý a také šedý keramický standard;
- c) připraví se zkušební vzorek pro přístrojové měření barvy;
 - d) změřením barvy zkušebního vzorku se získají příslušné spektrální remisní faktory (nebo trichromatické složky, jestliže se použije kolorimetr);
 - e) je-li požadováno, vypočítají se kolorimetrické hodnoty podle vzorců 13,14,15.

5.5 Aplikace přípravků na textilie

5.5.1 Přímé barvivo na bavlnu

V první fázi zkoušek bylo úkolem sledovat vliv ultrazvuku na bobtnání a na barvení bavlny přímým barvivem za nízké teploty.

Postup 1 (vliv ultrazvuku na bobtnání bavlny):

smáčení + ultrazvuk -> barvení -> opláchnutí -> sušení

Šest jednogramových vzorků textilie bylo nejprve předupraveno při teplotě 20°C v roztoku Spolionu 8 o koncentraci 10 ml.l⁻¹ a destilované vody. Tři vzorky textilie byly po dobu 1 min podrobeny ultrazvuku při teplotě 40°C a další tři vzorky textilie se po dobu 1 min zpracovávaly bez ultrazvuku (slepý pokus).

Následně bylo všech šest vzorků odděleně vloženo při 20°C, do 50 ml barvicí lázně obsahující:

0,6 g.l⁻¹ barviva Saturnová modř L4G

5 g.l⁻¹ NaCl

destilovaná voda

Po uplynutí 1, 5 a 20 minut se vždy jeden vzorek zpracovaný ultrazvukem a jeden bez ultrazvuku vyndaly, propláchly ve studené a v teplé vodě a nechaly usušit po dobu 3 minut v horkovzdušné sušárně při 100°C

Parametry pokusu

čas 1 minuta
 pulzace ne
 amplituda 20%
 typ sonotrody MS 73

U všech textilií byly měřeny hodnoty barevných diferencí DE^* , a hodnoty DL^* , Da^* , Db^* na přístroji Multilight od firmy DATACOLOR pro světlo D65.

Doba barvení	DE^*	DL^*	Da^*	Db^*
1 minuta	2,283	-2,062	0,670	-1,520
5 minut	3,234	-2,968	0,291	-1,250
20 minut	4,230	-4,030	0,707	-1,074

Tab.č.27: Hodnoty barevných diferencí a barevných odchylek textilií, které nebyly podrobeny vlivu ultrazvuku (standard) vůči textiliím ultrazvukem upravených

Postup 2 (vliv ultrazvuku na barvení)**smáčení -> barvení + ultrazvuk -> opláchnutí -> sušení**

Čtyři jednogramové vzorky bavlněné textilie byly nejprve předupraveny v roztoku Spolionu 8 o koncentraci 10 ml.l^{-1} a destilované vody. Vzorky textilie byly po dobu 1 min zpracovávány v lázni při laboratorních podmínkách. Poté byly vzorky vloženy do 50 ml barvicí lázně obsahující:

0,6 g.l^{-1} barviva Saturnová modř L4G

5 g.l^{-1} NaCl

destilovaná voda

Vzorky byly ponechány v barvicí lázni po dobu 1 a 5 minut při teplotě 40°C jeden s ultrazvukem a druhý bez ultrazvuku. Propláchnuté a vyždímnuté vzorky se sušily 3 minuty v horkovzdušné sušárně při 100°C .

Parametry pokusu

čas 1, 5 minut
 pulzace ne
 amplituda 20%
 typ sonotrody MS 73

Doba působení ultrazvuku	DE*	DL*	Da*	Db*
1 minuta	1,395	-0,872	0,865	0,365
5 minut	2,170	-1,765	0,564	-0,356

Tab.č.28: Hodnoty barevných diferencí a barevných odchylek textilií, které nebyly podrobeny vlivu ultrazvuku (standard) vůči textiliím ultrazvukem upravených

5.5.2 Disperzní barvivo na PAD

Hlavním cílem této zkoušky bylo sledovat působení ultrazvuku na disperzní barvivo, při použití a bez použití smáčedla Slovatonu O na PAD.

Číslo lázně	I.	II.	III.	IV.
Disperzní barvivo				
Ostacetová brilantní červen E-LB [g.l ⁻¹]	5	5	5	5
Slovaton O [g.l ⁻¹]	1	1	-	-
Ultrazvuk	ano	ne	ano	ne

Tab.č.29: Složení a koncentrace přípravků v barvicí lázni

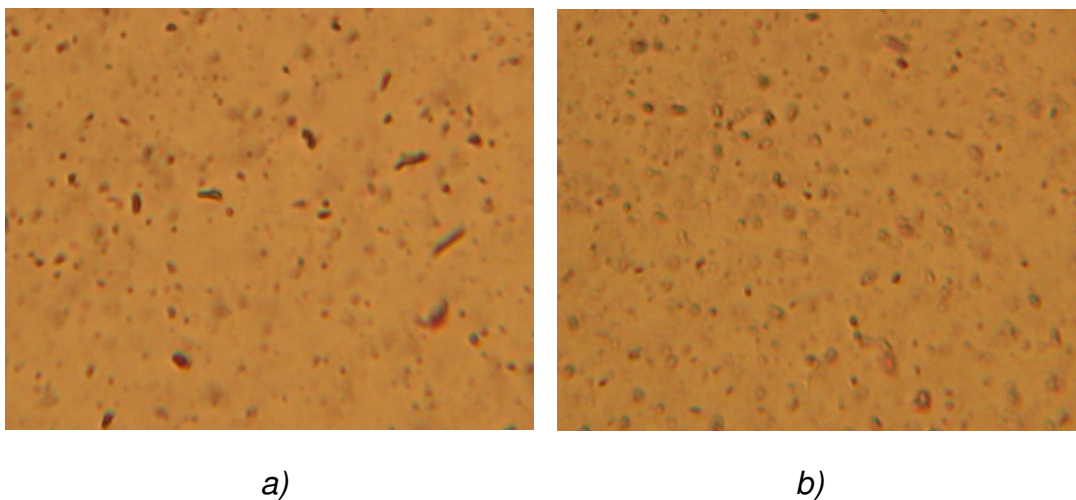
Nejprve bylo připraveno 4krát 50 ml barvicí lázně obsahující přípravky z tabulky č.29. Následně byly vzorky PAD o hmotnosti 1 g ponechány po dobu 1 min v barvicí lázni při 95°C, z toho dva vzorky byly i s barvicí lázní podrobeny ultrazvuku a dva vzorky bez ultrazvuku. Po propláchnutí byly sušeny po dobu 5 minut při 100°C.

Parametry pokusu

čas 1 minuta
pulzace ne
amplituda 20%
typ sonotrody MS 73

Koncentrace Slovatonu O	DE*	DL*	Da*	Db*
0 [g.l ⁻¹]	1,031	-0,567	0,718	0,477
1 [g.l ⁻¹]	2,765	-1,114	2,52	0,229

Tab.č.30: Hodnoty barevných diferencí a barevných odchylek textilií, které nebyly podrobeny vlivu ultrazvuku (standard) vůči textiliím ultrazvukem upravených



Obr.č.19: Disperzní barvivo pod fotomikroskopem
a) disperzní barvivo bez působení ultrazvuku
b) disperzní barvivo po působení ultrazvuku

5.5.3 Reaktivní barvivo na bavlnu

Vypírání hydrolyzátu bylo prováděno na bavlněném materiálu reaktivním barvivem Ryvalonová červeň 2B.

Lázeň obsahující:

1 g.l⁻¹ barviva

4-5 g.l⁻¹ Na₂CO₃

100 ml H₂O

byla podrobena hydrolýze při 100°C po dobu 1 hodiny a ponechána do druhého dne při laboratorních podmínkách. 10 g vzorek bavlny byl naklocován v lázni a následně odmačknut na laboratorním fuláru s 80% odmačkem a usušen při teplotě 95°C po dobu 7 minut.

100 ml lázně bylo rozděleno na 2krát 50 ml, do kterých byl vložen 1 g vzorku. Jeden vzorek byl podroben vypírání pomocí ultrazvuku při teplotě 20°C a druhý bez ultrazvuku.

Parametry pokusu

čas	2 minuty
pulzace	ne
amplituda	20%
typ sonotrody	MS 73

Pro vytvoření kalibrační řady bylo třeba změřit absorbanci barvicí lázně. Do čtyř odměrných baněk o objemu 50 ml byla odpipetována po půl mililitrech barvicí lázně. Baňky obsahovaly v pořadí za sebou:

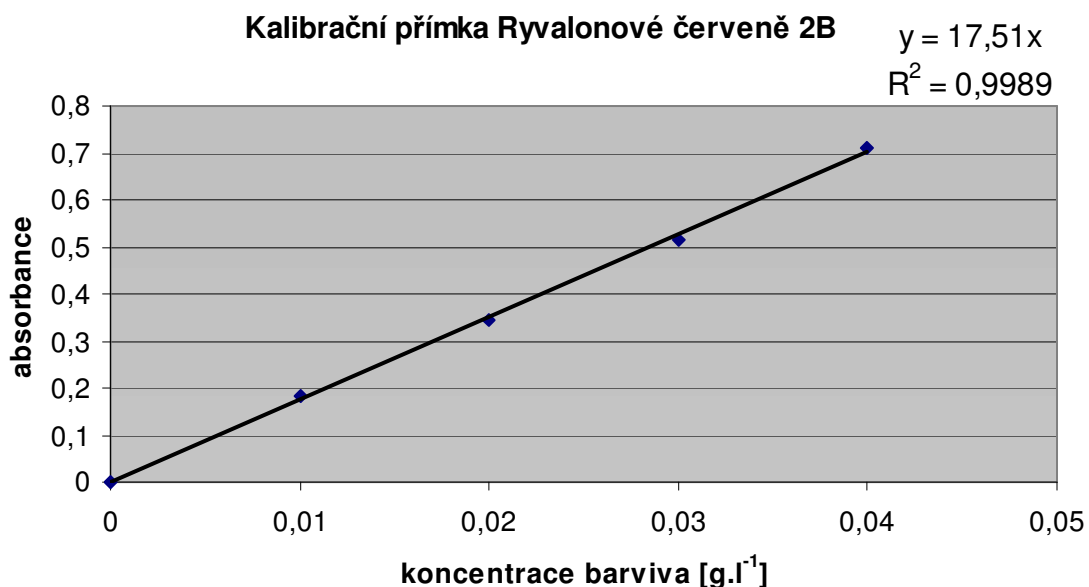
$$0,5 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-3} \text{ g} \cdot 50 \text{ ml}^{-1} \text{ barvicí lázně.}$$

Přepočet lázně z $\text{g} \cdot 50 \text{ ml}^{-1}$ na $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$: $0,01 - 0,02 - 0,03 - 0,04 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$.

Poté byly odměrné baňky doplněny po risku destilovanou vodou. Barvicí lázně pak byly proměřeny na spektrofotometru o dané vlnové délce 530 nm. Pomocí naměřených hodnot byl vytvořen graf kalibrační přímky.

Koncentrace barviva $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$	0	0,01	0,02	0,03	0,04
Naměřené hodnoty absorbancí	0	0,181	0,343	0,514	0,711

Tab.č.31: Naměřené hodnoty absorbancí Ryvalonové červeně 2B



Graf č.18: Kalibrační přímka pro reaktivní barvivo Ryvalonovou červeně 2B

y = rovnice regrese

R = hodnota spolehlivosti

Naměřená hodnota absorbance u lázně, ve které byl při vypírání podroben vzorek bavlny vlivu ultrazvuku 0,446.

Naměřená hodnota absorbance u lázně, ve které nebyl vzorek bavlny podroben vlivu ultrazvuku 0,388.

Výpočet barviva v % zbylého v lázni po vypírání

- lázeň, ve které byl vzorek bavlny podroben vlivu ultrazvuku

$$y = 17,51 \cdot x$$

$$\text{původní lázeň} \dots 1 \text{ g.l}^{-1}$$

$$0,446 = 17,51 \cdot x$$

$$\text{zbylá lázeň} \dots 0,025 \text{ g.l}^{-1} = 2,5 \%$$

$$x = 0,025 \text{ g.l}^{-1}$$

- lázeň, ve které nebyl vzorek bavlny podroben ultrazvuku

$$y = 17,51 \cdot x$$

$$\text{původní lázeň} \dots 1 \text{ g.l}^{-1}$$

$$0,388 = 17,51 \cdot x$$

$$\text{zbylá lázeň} \dots 0,022 \text{ g.l}^{-1} = 2,2 \%$$

$$x = 0,022 \text{ g.l}^{-1}$$

5.6 Vliv ultrazvuku na barvení – Diskuse výsledkůPřímé barvivo na bavlnu

- byly provedeny dva testy: vliv ultrazvuku na bobtnání vláken před barvením a vliv ultrazvuku přímo při barvení. V obou případech jsou vzorky vystavené působení ultrazvuku tmavší. Čím delší dobu působí ultrazvuk na lázeň, tím tmavší je zbarvení materiálu a tím větší je barevná difference (DE^*).

Disperzní barvivo na PAD

- vliv působení ultrazvuku barevná difference (DE^*) se u tohoto testu pohybuje v rozmezí 1 až 3. Hodnoty se pohybují na hranici pozorovatelnosti lidským okem, tento rozdíl je technologicky nevýznamný.

- i z obrázků č. 25 a),b), které byly pořízeny pomocí fotomikroskopu, lze u barviva, které bylo podrobeno ultrazvuku vyzorovat mírné zlepšení kvality disperze (snížení velikosti částic), které by mělo pozitivně ovlivnit rychlost barvení.

Reaktivní barvivo na bavlnu

- působením ultrazvuku na vypírání hydrolyzátu bylo dosaženo nepatrně lepšího výsledku než u materiálu, který byl vypírán bez ultrazvuku. Vlivem působení ultrazvuku došlo k seprání většího množství přebytečného nezafixovaného hydrolyzátu z bavlny.

6 Vliv ultrazvuku na finální úpravu

6.1 Charakteristika použitého materiálu

- 100%-ní bavlna, kepr, bělený
Plošná hmotnost – 210 g.m⁻²
- 100%-ní PES, plátno, termicky fixovaný
Plošná hmotnost -175 g.m⁻²

6.2 Charakteristika použitých přípravků

Perlit 40 159	<ul style="list-style-type: none">- přípravek pro hydrofobní úpravu,- silikonová emulze + epoxidová pryskyřice + organické kovové sloučeniny, tekutý, kationaktivní,- výrobce: Inotex, Dvůr Králové nad Labem.
Perlit SISW	<ul style="list-style-type: none">- přípravek pro hydrofobní úpravu,- polyhydrogenmetylsiloxan, tekutý, slabě kationaktivní,- výrobce: Inotex, Dvůr Králové nad Labem.
Hydrophobol APK	<ul style="list-style-type: none">- přípravek pro hydrofobní a oleofobní úpravu,- parafrínová emulze, slabě kationaktivní- výrobce: Ciba Trenčín, Slovenská republika.
Itoguard LJ 100	<ul style="list-style-type: none">- přípravek na hydrofobní a oleofobní úpravu,- fluorchemická pryskyřičná emulze, slabě kationaktivní, bílá mléčná emulze,- výrobce: LJ Specialities Limited.
Texapret TP 10	<ul style="list-style-type: none">- síťovací přípravek pro nemačkovou a nesráživou úpravu celulózových a směsových materiálů,- modifikovaná dimethyloldihydroxyethylenmočovina, tekutý, bez ionogenity,- výrobce: Inotex, Dvůr Králové nad Labem [32],[41].

6.3 Metody hodnocení výsledků

Použité metody testování hydrofobní a oleofobní úpravy [42],[43]

1. Test na odolnost proti vodním kapkám (hydrofobní – water repellency test)

Tento test určuje odolnost látek ke smáčení kapalinami obsahujícími vodu. Kapky směsi vody s alkoholem s měnícím se povrchovým napětím jsou rozmístěny na textilií a rozsah smočeného povrchu je posuzován vizuálně.

Test poskytuje přibližný ukazatel odolnosti proti špinění vodnými roztoky. Obecně se dá říci, že čím vyšší je stupeň vodoodpudivosti, tím lepší je odolnost textilií k zašpinění substancemi na vodné bázi. Složení standardních testovacích kapalin je uvedeno v tabulce č.32.

hodnocení	složení v obj. %		povrchové napětí [mN.m ⁻¹]
	Isopropylalkohol	destilovaná voda	
W	0	100	71,52
1	10	90	43,57
2	20	80	34,40
3	30	70	29,35
4	40	60	26,36
5	50	50	25,36
6	60	40	24,44
7	70	30	23,80
8	80	20	23,26
9	90	10	22,54
10	100	0	21,14

Tab.č.32: Standardní testovací kapaliny pro hydrofobní test

Postup zkoušky:

- I. tkaninu umístíme lícem vzhůru na bílý savý papír na vodorovnou plochu. Test začneme kapalinou č.1 a na tři místa opatrně umístíme kapku testovací kapaliny o průměru 5 mm nebo o objemu 0,05 ml;
- II. kapky pozorujeme asi 10 sekund pod úhlem přibližně 45°;
- III. jestliže se nejméně dvě ze tří kapek nevsáknou nebo nezvlhčí látku a kolem kapek se neutvoří „paprsky“, umístíme vedle kapky kapaliny č.2 a opakujeme krok II;

IV. tento postup opakujeme, dokud nejméně dvě ze tří kapek během 10 sekund nesmočí tkaninu, nebo se na ní neukážou „paprsky“. Stupeň vodoodpudivosti textlie je nejvyšší číslo kapaliny, u které se alespoň dvě ze tří kapek textilií nesmočily nebo se do ní nevpily [42].

2. Oleofobní test (oil repellency test) [43]

Oleofobní test určuje, jak upravená tkanina odolává špíně na bázi olejů a smáčení organickými kapalinami.

Zkouška spočívá ve vizuálním hodnocení smáčení povrchu textlie kapalnými uhlovodíky o různém povrchovém napětí. Standardní kapaliny používané v testu jsou uvedeny v tabulce č.33.

Hodnocení	Uhlovodík	povrchové napětí [mN.m ⁻¹]
1	rafinovaný minerální olej	31,0
2	n-hexadekan 65/35	29,2
3	n-hexadekan	27,3
4	n-tetradekan	26,2
5	n-dodekan	24,6
6	n-dekan	23,6

Tab.č.33: Standardní olejové testovací kapaliny pro oleofobní test

Kapaliny by měly být skladovány v neprůhledné sklenici o obsahu 60 ml s kapátkem. Kapátko musí být z materiálu odolného rozpouštědlům, jako je např. neopren.

Při testu se můžeme setkat s různými druhy smáčení v závislosti na druhu finální úpravy, vlákna a na konstrukci textlie. U mnoha textilií bude konečné hodnocení zřejmé, tzn. budou odolné vůči smočení jednou kapalinou a další je bude bezprostředně smáčet. U některých však bude konečné hodnocení obtížné. Tyto textlie vykazují progresivní smočení několika testovacími kapalinami, což se projevuje částečným ztmavnutím textlie na rozhraní mezi kapalinou a textilií. V tomto případě je konečný bod hodnocení stanoven testovací kapalinou, která způsobí během 30 sekund úplné ztmavnutí styčné plochy mezi textilií a kapalinou.

Postup zkoušky:

- I. textilii umístíme lícem navrch na bílý savý papír na vodorovnou plochu. Začneme testovací kapalinou č.1. Opatrně kápneme na pěti různých místech testované textilie kapky o průměru 5 mm nebo o obsahu 0,05ml;
- II. kapky pozorujeme 30 sekund přibližně pod úhlem 45°. Smočení látky se projevuje jejím ztmavnutím na rozhraní kapalina/textilie. Na tmavých nebo černých látkách můžeme smočení textilie poznat podle toho, že se uvnitř kapky ztratí lesk;
- III. jestliže alespoň tři z pěti kapek nesmočí látku, nebo do ní neproniknou, a nedojde k vsakování na okrajích kapky, umístíme v jejich blízkosti kapky testovací kapaliny č.2 a opakujeme krok II;
- IV. pokračujeme v tomto postupu, dokud alespoň tři z pěti kapek během 30 sekund textilií nesmočí, nebo do ní kapalina v okolí kapky nezačne vsakovat. Stupeň oleofobity textilie je nejvyšší číslo kapaliny, u které nejméně tři kapky z pěti textilií nesmočí nebo se do ní nevsáknou;
- V. u hraničních případů je povoleno hodnocení přechodem mezi jednotlivými stupni (např. 4,5). Příkladem je, když u tří nebo více kapek z pěti zůstane zachován okrouhlý tvar, ale dojde k částečnému ztmavnutí vzorku u okrajů kapky.

Zkoušení vodoodpudivosti metodou zkrápění podle ČSN 80 0827 [44]

Metoda spočívá ve stanovení vodoodpudivosti jakékoliv plošné textilie po zkrápění jejího povrchu vodou ohodnocením stupni na základě porovnání s etalony.

Postup zkoušky: Vzorek textilie o rozměru 180x180 mm se umístí do rámečku lícem nahoru tak, aby směr toku vody byl s podélným směrem plošné textilie (Obr č.21). Do nálevky se rychle a stejnoměrně vlije 250 cm³ destilované vody 20 °C. Veškeré množství musí protéci za 25 až 30 sekund pod úhlem 45°.

Ohledně ukončení zkrápění se vzorek z držáku sejme a 2krát se silně oklepe, během toho musí být vzorek téměř ve vodorovné poloze lícem vespodu. Po oklepnutí se vzorek ponechá v držáku a hodnotí se podle předepsané srovnávací stupnice nebo podle fotografické srovnávací stupnice (Obr č.20).

Srovnávací stupnice – stupně smáčení povrchu:

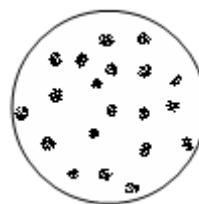
- 1 – smočení celé zkrápěné plochy,
- 2 – smočení poloviny zkrápěné plochy, vzniklé splynutím malých oddělených ploch,
- 3 – smočení zkrápěné plochy pouze v malých oddělených plochách,
- 4 – žádné smočení, pouze malé umělé kapky na zkrápěné ploše,
- 5 – žádné smočení a žádné kapky ulpělé na zkrápěné ploše.

Fotografická stupnice ISO pro hodnocení odpovídá stupnici AATCC:

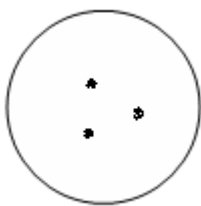
ISO 1 = AATCC 50



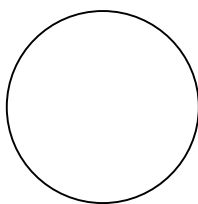
ISO 2 = AATCC 70



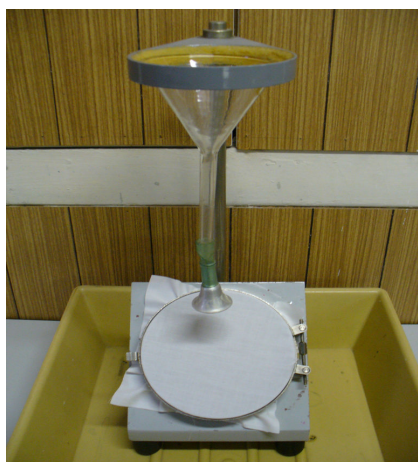
ISO 3 = AATCC 80



ISO 4 = AATCC 90



ISO 5 = AATCC 100

Obr.č.20: Fotografická stupnice ISO pro hodnocení zkrápění*Obr.č.21: Zařízení pro zkrápění*

6.4 Aplikace přípravků na textilie

Cílem těchto zkoušek bylo ověření aplikace ultrazvuku pro zintenzivnění efektu hydrofobních úprav v důsledku lepší „homogenizace“ emulze hydrofobizačních prostředků pomocí ultrazvuku u následujících produktů reprezentujících základní typy hydrofobních úprav.

Silikon	Bavlna	PES
Perlit SISW [g.l ⁻¹]	20	20
Perlit 40 159 [g.l ⁻¹]	40	40
Kys. octová [ml.l ⁻¹]	pH = 4 – 5	pH = 4 – 5
Ultrazvuk	ano ne	ano ne

Parafín	Bavlna	PES
Hydrophobol APK [g.l ⁻¹]	100	60
Kys. octová [ml.l ⁻¹]	pH = 4 – 5	pH = 4 – 5
Ultrazvuk	ano ne	ano ne

Fluorkarbon	Bavlna	PES
Itoguard LJ 100 [g.l ⁻¹]	40	20
Texapret TP 10 [g.l ⁻¹]	13	7
Kys. octová [ml.l ⁻¹]	pH = 4 – 5	pH = 4 – 5
Ultrazvuk	ano ne	ano ne

Tab.č.34,35,36: Složení a koncentrace přípravků v lázni

Připravené lázně byly podrobeny působení vlivu ultrazvuku (sonotrodou) při teplotě 30°C. Následně proběhla aplikace lázní na bavlněný a polyesterový materiál běžným postupem : impregnace, sušení, kondenzace.

Parametry pokusu

čas	5 minut
pulzace	ne
amplituda	20%
typ sonotrody	MS 73

Poté byl pro následující zkoušky bavlněný i polyesterový materiál vyprán v 50 ml lázně obsahující 5 g.l⁻¹ pracího prostředku Ariel při teplotě 40°C po dobu 20 minut. Po každých 20 minutách byl ze vzorku bavlny i polyesteru odstřižen proužek o velikosti 3x20 cm.

Následně byla stanovena nepromokavost (hydrofobita) zkrápěcí metodou podle ČSN 80 0827 (Spray test), metodou odolnosti proti vodním kapkám (hydrofobní test – water repellency test) a oleofobní test (oil repellency test).

Zkoušky vodoodpudivosti metodou zkrápění

Silikonová úprava - upravený bavlněný a PES materiál byl podroben sušení a kondenzaci po dobu 3 minut při teplotě 160°C.

Fluorkarbonová úprava - upravený bavlněný a PES materiál byl podroben sušení a kondenzaci po dobu 1 minuty při teplotě 175°C.

Silikon	Bavlna		PES	
Ultrazvuk	ano	ne	ano	ne
Bez praní	3	3	3	4
Po 1. praní (40°C)	1	1	3	3
Po 5. praní (40°C)	-	-	2	2

Parafín	Bavlna		PES	
Ultrazvuk	ano	ne	ano	ne
Bez praní	3	2	1	1

Fluorkarbon	Bavlna		PES	
Ultrazvuk	ano	ne	ano	ne
Bez praní	5	5	5	5
Po 1. praní (40°C)	3	2	3	3
Po 5. praní (40°C)	-	-	2	2

Tab.č.37,38,39: Výsledné hodnoty vodoodpudivosti stanovené skrápěcí metodou

Zkoušky nepromokavosti metodou hydrofobní a oleofobní úpravy

Jednotlivé vzorky bavlněného i polyesterového materiálu byly hodnoceny metodou hydrofobní a oleofobní úpravy popsané v kapitole 6.3.

Silikon	Bavlna		Polyester	
	S ultrazvukem	Bez ultrazvuku	S ultrazvukem	Bez ultrazvuku
Bez praní	2	2	2	2
První praní	1	1	2	2
Druhé praní	1	1	1	1
Třetí praní	0	0	1	1
Čtvrté praní	0	0	1	1
Páté praní	0	0	1	1
Šesté praní	0	0	1	1
Sedmé praní	0	0	1	1
Osmé praní	0	0	1	1

Parafín	Bavlna		Polyester	
	S ultrazvukem	Bez ultrazvuku	S ultrazvukem	Bez ultrazvuku
Bez praní	2	2	2	2
První praní	1	1	2	1
Druhé praní	1	1	1	1
Třetí praní	1	1	1	0
Čtvrté praní	1	1	1	0
Páté praní	1	1	0	0
Šesté praní	1	1	0	0
Sedmé praní	1	1	0	0
Osmé praní	1	1	0	0

Tab.č.40,41: Výsledné hodnoty stanovené metodou hydrofobní a oleofobní úpravy

Fluorkarbon	Bavlna		Polyester	
	S ultrazvukem	Bez ultrazvuku	S ultrazvukem	Bez ultrazvuku
Bez praní	10+6	10+6	10+6	10+6
První praní	10+6	10+6	10+6	10+6
Druhé praní	10+6	10+6	10+6	10+6
Třetí praní	10+6	10+6	10+6	10+6
Čtvrté praní	10+6	10+6	10+6	10+6
Páté praní	10+6	10+6	10+6	10+6
Šesté praní	10+6	10+6	10+6	10+5
Sedmé praní	10+6	10+6	10+5	10+4
Osmé praní	10+6	10+6	10+5	10+4

Tab.č.42: Výsledné hodnoty stanovené metodou hydrofobní a oleobobní úpravy

6.5 Vliv ultrazvuku na finální úpravu – Diskuse výsledků

Cílem těchto zkoušek bylo zintenzivnění efektu hydrofobní a oleofobní úpravy v důsledku lepší „homogenizace“ emulze.

U hodnot, které byly stanovené zkrápěcí a kapkovou metodou na hydrofobní a oleofobní úpravě, nebyl po působení ultrazvuku zaznamenán výraznější vliv na zlepšení parametrů zkoušené textilie. Vliv ultrazvuku byl však i tomto případě nepatrně pozitivní.

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo provést testování ultrazvuku v různých fázích zpracování textilních materiálů v zušlechťovacích procesech se zaměřením zejména na operace využívající působení enzymů.

Experimenty byly zaměřeny především na působení ultrazvuku při předúpravě, kde se zjišťoval vliv různých reakčních parametrů, jako byla doba a teplota při působení ultrazvuku, velikost amplitudy, vliv enzymů atd. Pozornost byla věnována i vlivu ultrazvuku při barvení a při finálních úpravách. Získané výsledky byly charakterizovány dostupnými metodami a shrnuty do následujících závěrů:

- v oblasti předúpravy bylo dosaženo nejlepšího výsledku především u postupu, kde se hodnotil vliv doby působení ultrazvuku na **stupeň odšlichtování**. Výsledky sací výšky a stupně ošlichtování (Tegewa) výrazně převyšovaly hodnoty dosahované pomocí běžné technologie;
- pozitivního výsledku bylo dosaženo také při optimalizaci podmínek **odšlichtování s termostabilní a klasickou amylázou**. Experimentem bylo zjištěno, že se stoupající teplotou a dobou působení ultrazvuku stoupal stupeň odšlichtování;
- pozitivní působení ultrazvuku se nepatrně projevilo i u **peroxidového bělení**. Vlivem ultrazvuku v některých případech dochází ke zvýšení hydrofility (savosti) materiálu. Problematické byly výsledky dosažené při vyšší amplitudě ultrazvuku (40%), které vykazovaly nižší stupeň dšlichtování dosaženého ve srovnání s nižší amplitudou (10%). V případě vyšší amplitudy překračuje intenzita ultrazvuku za podmínek pokusu hranici, kdy dochází k poškození relativně citlivých enzymů;
- působení ultrazvuku má pozitivní vliv i na **barvení a to především v oblasti zlepšení kvality disperze**, kdy dochází ke snížení velikosti částic disperzního barviva a tím i k ovlivnění rychlosti barvení;
- v dalším experimentu byl pozitivní vliv ultrazvuku prokázán přímo při **barvení přímým barvivem**, kde čím delší dobu působí ultrazvuk na barvicí lázeň, tím tmavší je zabarvení materiálu. Neméně významý vliv

má působení ultrazvuku na vypírání hydrolyzátu reaktivního barviva z bavlněného materiálu;

- i **ve finálních úpravách** přináší působení ultrazvuku mírné zlepšení. Hodnoty stanovené zkrápěcí a kapkovou metodou na hydrofobní a oleofobní úpravě dokazují, že i v této oblasti má působení ultrazvuku perspektivu.

Obečně se v této práci potvrdily výsledky uváděné v literatuře, kde je ultrazvuk doporučován jako intenzifikátor některých zušlechťovacích postupů. Z vědeckého hlediska je přínosem této práce zejména sledování možností ultrazvuku v kombinaci s moderními enzymatickými postupy předúpravy textilií.

Použitá literatura

- [1] www.med.muni.cz
- [2] Švehla, Š.– Figura, Z.: Ultrazvuk v technologii, ALFA Bratislava, 1984
- [3] [www. ultrazvuk a jeho užití](http://www.ultrazvuk a jeho užití)
- [4] Oboř, J.: Ultrazvuk v měřicí technice, druhé vydání, SNTL Praha 1984
- [5] Dubenský, R.- Minařík, V.- Čermák, F.: Defektoskopie, Ediční středisko ČVÚT Praha 1987
- [6] www.steiner.cz/david/akustika/
- [7] Oboř, J.: Fyzikální základy ultrazvukové defektoskopie. Zkoušení materiálu ultrazvukem, s.5 až 46, Praha 1969
- [8] Věchem, M.- Kesi, J.- Špička, L.- Eder, V.: Defektoskopie v otázkách a odpovědích, 1.vydání, SNTL Praha 1989
- [9] Mason, W.P.: Piezoelectric Crystals and their Applications to Ultrasonic, New York 1948
- [10] Moholkar, V.S.: Intensification of Textile Treatments: Sonoprocess Engineering, Enschede, 2002
- [11] Vokurka, L.: Využití ultrazvuku, Praha 2003
- [12] Tabara, O.: Vybrané stati z fyzikální akustiky I. Ultrazvuk, Praha, 1972
- [13] Moholkar, V.S.- Warmoeskerken, M.M.C.G: „Mechanistic Aspects and Optimization of Ultrasonic Washing”, AATCC Review, č.2, s.34 - 37, 2002
- [14] Štengl, V.- Šubrt, J.: Výkonový ultrazvuk a jeho aplikace, Chemické listy 98, 2004
- [15] Výzkum kavitace II, Sborník přednášek, ČSVTS, Praha 1978.
- [16] Brdička M., Samek L., Taraba O.: Kavítace. SNTL, Praha 1981.
- [17] Didenko, Y.T., Pugach, S.P: Ultrason. Sonochemistry., č.1, 1994
- [18] www.khzs.fme.vutbr.cz – Vodní turbíny I.,Kavítace, VUT Brno
- [19] Inotex, Dvůr Králové nad Labem – Centrum textilu II.
- [20] www.ultrasonic.cz/vyuziti.htm
- [21] Yachmenev, V.G.- Bertoniere, N.R.- Blanchard, E.J: Effect of Sonication on Cotton Preparation with Alkaline Pectinase, Textile Res. Journal., 2001
- [22] Yachmenev, V.G.- Blanchard, E.J.- Lambert, A.H.: Study of the Influence of Ultrasound on Enzymatic Fragment of Cotton, TCC & ADR, 1999

- [23] Patra, A.K.- Das,M: Ultrasound and Its Utility in Wet Processing, Melliand International, č.1, 2006
- [24] Wiener, J.- Kryštůfek,J.: Barvení, skripta, Liberec 2005
- [25] Lee, K.W.-Chung,Y.S.- Kim,P.J.: Breakage Characteristics of C.I. Disperse Red 60 Under an Ultrasound Field, Textile Res. Journal, č.72, 2002
- [26] Lee, K.W.- Chung, Y.S.- Kim,P.J.: Effects of Ultrasound Treatment and Dye Crystalline Properties on Particle Size Distribution, Textile Res. Journal, č.71, 2001
- [27] Schlosser, U.- Pfluger,G.- Bahnners,Th: Einsatz von Ultraschall zur Entfernung von Process-Stauben aus dem Textilgut, Textilveredlung, 1997
- [28] Pflüger,- Bossamnn,- Berhard,- Schollmeyer,T: Über die Verwendung von Ultraschall zum Trocken Textiler Flachengebilde, Teil 1. Textil Praxis-INT., 1992
- [29] Pflüger,- Bossamnn,- Berhard,- Schollmeyer,T: Über die Verwendung von Ultraschall zum Trocken Textiler Flachengebilde, Teil 2. Textil Praxis-INT.,1993
- [30] Pflüger,- Bossamnn,- Berhard,- Schollmeyer T: Über die Verwendung von Ultraschall zum Trocken Textiler Flachengebilde, Teil 3.Textil Praxis-INT.,1993
- [31] Vitrum, Bandelin. – Ultrazvukový homogenizátor Sonopuls – Návod k použití
- [32] www.inotex.cz
- [33] informační materiály, Inotex, Dvůr Králové nad Labem
- [34] ČSN 80 0828
- [35] ČSN 105-J02
- [36] Vik, M.: Základy měření barevnosti I. díl, TU Liberec, 1985
- [37] vzorkovnice barviv – Sdružení pro odbyt dehtových barviv, Pardubice, 1984
- [38] vzorkovnice barviv – Sdružení pro odbyt dehtových barviv, Praha 1971
- [39] Vik, M.: Barevné odchylky, TU Liberec, 2002
- [40] ČSN 105-J01
- [41] Technické listy přípravku ITOGUARD LJ 100, LJ Specialities Limited
- [42] Vondroušová, S.: Diplomová práce, Oleofobní parametry klasických perfluoralkanů a dendrimerů, 2006
- [43] ČSN 80 0872
- [44] ČSN 80 0827